
1.626
Sup



AGRONOMIE,
CHIMIE AGRICOLE
ET
PHYSIOLOGIE,

PAR M. BOUSSINGAULT,
Membre de l'Institut.

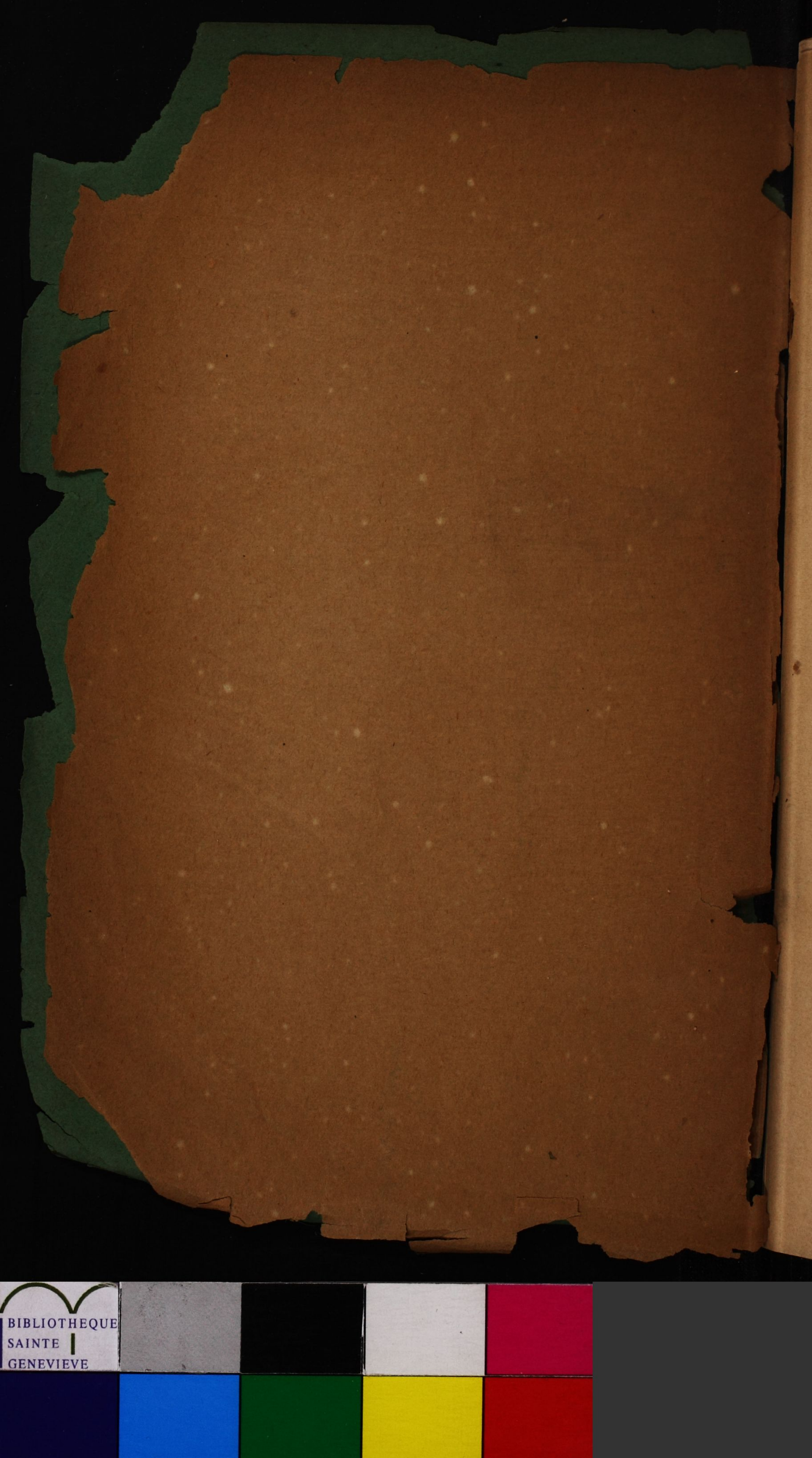
DEUXIÈME ÉDITION, REVUE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE.



TOME SEPTIÈME.

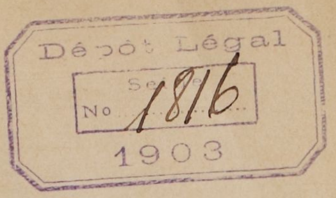
PARIS,
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
SUCCESSEUR DE MALLET-BACHELIER,
Quai des Augustins, 55.

1884


BIBLIOTHEQUE
SAINTE
GENEVIEVE

AGRONOMIE,
CHIMIE AGRICOLE
ET
PHYSIOLOGIE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE GAUTHIER-VILLARS,
Quai des Augustins, 55.



AGRONOMIE,

CHIMIE AGRICOLE

ET

PHYSIOLOGIE,

PAR M. BOUSSINGAULT,
Membre de l'Institut.

DEUXIÈME ÉDITION, REVUE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE.

TOME SEPTIÈME.



PARIS,
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
SUCCESSEUR DE MALLET-BACHELIER,
Quai des Augustins, 55.

1884

AGRONOMIE,
CHIMIE AGRICOLE
ET
PHYSIOLOGIE.

DÉTERMINATION
DE LA
HAUTEUR DU MERCURE DANS LE BAROMÈTRE
SOUS L'ÉQUATEUR;

AMPLITUDE DES VARIATIONS DIURNES BAROMÉTRIQUES A DIVERSES STATIONS DANS LES CORDILLÈRES.

(Extrait.)

Les baromètres, construits par Fortin, avaient été comparés au baromètre de l'Observatoire par Arago et Mathieu. Le 22 septembre 1822, ces instruments furent installés à bord du *Patriote,* brick de dix-huit canons, en partance d'Anvers pour l'Amérique méridionale. Après une relâche à l'île de Wight, un combat naval en vue de Tabago, qui amena la prise de la frégate *la Maria-Francisca,* le *Patriote* jeta l'ancre à la Guayra le 22 novembre.

Immédiatement après le débarquement, les baromètres étant établis dans une maison située sur le port, on commença les observations, que M. Arago présenta à l'Académie des Sciences, après les avoir discutées ; j'en reproduis les éléments dans mon Mémoire ; il me suffira d'en

donner ici la conclusion : c'est que, si le baromètre de l'Observatoire de Paris eût été transporté à la Guayra et placé à $11^{m},45$ au-dessus du niveau de la mer, le mercure se serait maintenu à une hauteur de $760^{mm},40$ [1].

Les observations furent continuées le jour et la nuit dans le but d'étudier les variations horaires, si régulières entre les tropiques.

On sait en effet que, dans les régions équinoxiales, le mercure, dans le baromètre, atteint le maximum de hauteur entre 8^{h} et 10^{h} du matin ; qu'il descend ensuite jusque vers 4^{h} de l'après-midi ; qu'il est à la hauteur minima entre 3^{h} et 4^{h} pour remonter jusqu'à 11^{h} du soir, sans arriver toutefois à la hauteur à laquelle il était à 9^{h} du matin ; qu'il s'abaisse enfin jusqu'à 4^{h} du matin, sans tomber aussi bas qu'à 4^{h} du soir ; qu'il recommence alors son évolution. C'est là, du moins, ce qui a lieu généralement.

La découverte d'un phénomène aussi constant, aussi régulier, semblait réservée à celui qui, le premier, porterait un baromètre dans la proximité de l'équateur. Il n'en fut pas ainsi : elle échappa à Richer, envoyé à Cayenne par l'Académie en 1672.

Voici ce qu'on lit dans la relation qu'il a donnée :

« On estoit en peine de savoir si vers l'équateur la hauteur du vif-argent dans les baromètres estoit la même qu'à Paris ou non ; de quoy je me suis éclairé par les observations que j'ai faites en Caïenne pendant une année entière, où j'ai remarqué que sa plus grande hauteur n'a jamais surpassé 27 pouces 1 ligne dans un lieu qui n'estoit élevé au-dessus de la superficie de la mer que de 25 à 30 pieds [2].

---

(1) A l'Observatoire de Paris, la hauteur moyenne barométrique ramenée au niveau de la mer et à 0° serait, d'après Arago, $760^{mm},85$ (HUMBOLDT, *Voyages*, t. XI).

(2) *Observations astronomiques et physiques, faites en l'isle de Caïenne*.

Or Richer est probablement le premier qui ait installé un baromètre entre les tropiques [1].

C'est en 1722 que les variations périodiques horaires furent aperçues dans la Guyane hollandaise, par un observateur dont le nom est resté inconnu. Il en est fait mention dans une Lettre datée de Surinam, dont je crois devoir donner un extrait :

« Le mercure monte ici tous les jours régulièrement depuis 9^h du matin jusqu'à environ 11^h, après quoi il descend jusqu'à 2^h ou 3^h après midi et ensuite revient peu à peu à sa première hauteur ; pendant tous ces changements il ne varie environ que de $\frac{1}{2}$ ligne à $\frac{1}{3}$ de ligne. »

Les académiciens français chargés en 1735 de mesurer les trois premiers degrés du méridien n'avaient certainement aucune connaissance des observations de Surinam. Ils constatèrent dans les Cordillères la régularité des variations barométriques, dont Bouguer et La Condamine attribuent la découverte à Godin.

« Quant au baromètre, dit La Condamine dans l'introduction du *Journal d'un voyage à l'équateur* fait par ordre du roi, sa hauteur moyenne à Quito est de 20 pouces 1 ligne et ses plus grandes variations ne vont pas à $1\frac{1}{2}$ ligne ; elles se font assez régulièrement à des heures réglées. C'est ce que M. Godin a remarqué le premier et ce que j'ai vérifié depuis plus d'un an. Le baromètre, vers 9^h du matin, est à sa plus grande hauteur, et vers 3^h de l'après-midi à la moindre. »

Un baromètre, en 1741, ne causait pas le genre d'embarras qu'il occasionne de nos jours : on remplissait le tube au moment de l'observation ; on exécutait, en réalité, l'expérience de Torricelli : il en résultait nécessairement

---

[1] Ce fut à Cayenne que Richer fit la découverte de l'inégalité de la pesanteur sous les différents parallèles; ses expériences ont été les premiers fondements des théories de Huygens et Newton sur la figure de la Terre (LA CONDAMINE, *Voyage sur les Amazones*, p. 200).

des pertes de métal. Aussi La Condamine raconte-t-il qu'il ne lui reste plus que fort peu de mercure, celui qu'il avait apporté et que M. Geoffroy avait pris le soin de purifier, ayant été perdu pendant six années d'observation sur les montagnes. On se formera une idée des difficultés que les académiciens français rencontraient à chaque pas dans leur expédition quand on saura que dans la ville de Quito, en ayant à sa disposition le laboratoire du Collège des Jésuites et le concours empressé du frère apothicaire, il fallut à La Condamine un mois d'un travail pénible pour obtenir du mercure en revivifiant du cinabre.

En 1751, Thibaut de Chanvalon vérifia à la Martinique les faits constatés à l'équateur :

« Peu de temps après mon arrivée, dit Thibaut, j'aperçus que le baromètre montait insensiblement pendant toute la matinée, qu'ensuite, après avoir été quelque temps sans mouvement, il commençait à baisser jusqu'au soleil couchant ; alors, après avoir été stationnaire, il remontait aux approches de la nuit jusqu'à 10^{h} du soir. »

C'est à Thibaut de Chanvalon, je crois, que l'on doit la notion de l'imperturbable régularité des variations, et aussi celle d'une certaine relation du phénomène avec le magnétisme. Il s'exprime ainsi :

« Les révolutions les plus considérables de l'atmosphère n'altèrent point cette marche périodique du baromètre, qui coïncide avec celle des variations horaires de la déclinaison magnétique. Au milieu des pluies abondantes, des vents, des orages, le mercure monte ou descend, si c'est son heure de monter ou de descendre, comme si tout était tranquille dans l'air. »

La publication des résultats obtenus par les académiciens français ne pouvait manquer d'attirer l'attention du monde savant sur le phénomène des variations barométriques. Dès 1761, l'illustre botaniste Celestino Mutis, dont Linnæus disait : *Jure merito botanicorum in Ame-*

rica princeps salutatur, commençait à Santa Fé de Bogota des observations météorologiques qu'il continua pendant quarante années, sans en être distrait par les immenses travaux auxquels l'astreignit la flore de la Nouvelle-Grenade, œuvre de toute une existence, qu'il aurait eu la douleur de voir dispersée, s'il eût assez vécu pour assister aux discordes civiles qui ensanglantèrent l'Amérique espagnole.

Ce n'est pas sans éprouver une vive émotion que je me trouvai dans l'observatoire de Bogota, construit par Mutis, au milieu des débris de magnifiques instruments qu'une soldatesque égarée venait de détruire. Parmi ces ruines, on voyait une pendule de Graham, un quart de cercle de Bird, des télescopes à réflexion dont s'étaient servis Bouguer, La Condamine, Godin, et que Caldas avait rapportés de Quito comme de précieuses reliques.

Celestino Mutis signala le premier avec netteté l'heure de l'abaissement du mercure avant le lever du soleil, ou, si l'on veut, la variation nocturne. A Bogota, la nuit, la hauteur maxima de la colonne mercurielle a lieu vers 11^h du soir, la hauteur minima entre 3^h et 4^h du matin. J'ai ramassé dans les papiers épars sur le parquet de la salle méridienne des documents intéressants, dont j'ai pu assurer la conservation en m'opposant à ce qu'on les employât à la confection des cartouches. C'était un volumineux Journal météorologique, des Lettres de Linnæus et d'Adanson, une Correspondance des religieuses du couvent de Santa Clara, dont Mutis, entré dans les ordres en 1772, était devenu le directeur spirituel. Ces Lettres témoignaient d'une grande exaltation mystique ; elles contenaient des confessions écrites, et pour cette raison je les brûlai.

Enfin j'eus le bonheur de rencontrer une page détachée d'un Journal de Mutis, où se trouve consignée la découverte des variations nocturnes. On y voit qu'après deux

années d'indécision Mutis admit définitivement que l'abaissement du mercure dans le tube quelques heures avant le lever du soleil est bien réel. L'article est intitulé *Nota importante sobre el barometro*. J'en donne une traduction dans mon Mémoire.

Le phénomène des variations périodiques diurnes était dès lors constaté dans sa généralité, grâce à l'anonyme de Surinam, à Godin, à Mutis. Comme cela est arrivé plus d'une fois dans les sciences, un fait important avait été découvert avec des instruments imparfaits, mais placés entre les mains d'hommes doués d'une intelligence supérieure.

A partir de 1784, les observations barométriques se multiplièrent. Lamanon et Mongez, compagnons de l'infortuné Lapérouse, suivirent d'heure en heure la marche du baromètre sur l'océan Atlantique. Trail, Farquhar, Pearce, Balfour publièrent en 1795 des observations recueillies à Calcutta.

En 1799, Humboldt commençait à Cumana les recherches qu'il continua pendant son séjour en Amérique. C'est de la publication de ces documents, si précieux pour l'histoire de l'atmosphère, que date la forte impulsion donnée à l'étude du phénomène des variations périodiques. Ce sont, en effet, les observations de Humboldt qui ont provoqué celles de Horsburgh sur les côtes de la Chine, du capitaine Kater dans les plaines élevées du Mysore, de Langsdorff et Horner pendant le voyage du capitaine Krusenstern, d'Eschwege au Brésil, du capitaine Freycinet sur l'océan Pacifique, de Simonoff dans l'hémisphère austral, du capitaine Sabine sur les côtes occidentales de l'Afrique, de Claude Gay au Chili, de Tessan pendant l'expédition de la frégate *la Vénus,* du capitaine Duperrey, commandant la *Coquille,* dans son voyage autour du monde, campagne de trente et un mois et treize jours durant laquelle la corvette, après avoir parcouru 25 000 lieues,

est revenue à son point de départ sans avoir perdu un seul homme, sans malades, sans avaries.

La variation horaire dans la pression ne serait pas, paraît-il, l'unique phénomène périodique accompli dans l'atmosphère ; déjà j'ai rappelé que Thibaut de Chanvalon avait annoncé qu'elle coïncidait avec les changements qu'éprouve la déclinaison de l'aiguille aimantée dans le cours de la journée, fait confirmé depuis par Hansteen, ainsi que les variations diurnes de l'intensité du magnétisme. Récemment encore, en 1868, le P. Aguilar, de la Compagnie de Jésus, comparait à Quito la marche parallèle de la déclinaison et celle du baromètre, en faisant remarquer toutefois cette différence que le baromètre a un minimum nocturne qu'on ne retrouve pas pour l'aiguille aimantée, presque toujours immobile pendant la nuit ; ajoutons que, l'amplitude des oscillations de la colonne de mercure étant généralement très faible, il y aurait encore là une certaine analogie entre les mouvements barométriques et les fluctuations magnétiques.

Il ne reste plus de doute, aujourd'hui, sur les variations dans l'intensité de l'électricité de l'air. Dès 1830, Arago à Paris, Quetelet à Bruxelles déterminèrent quelles en étaient les heures du maximum et du minimum ; les recherches prolongées dues à M. Dirt, de l'Observatoire de Kew, les établiraient ainsi :

Tension électrique.

Maximum de jour à	10^h	du matin.
Minimum de jour à........	4	de l'après-midi.
Maximum de nuit à........	10	du soir.
Minimum de nuit à........	2	du matin.

Quelques météorologistes inclinent à croire que l'état hygrométrique de l'air varie aussi dans le cours de la journée. Jusqu'à présent, cette opinion ne me paraît pas suffisamment justifiée. En consultant les nombreuses

observations consignées dans mon Mémoire, on voit bien que, par un temps serein, l'air est surtout chargé d'humidité vers le lever du soleil, et qu'il devient plus sec à mesure que la température augmente ; à la tombée de la nuit, l'hygromètre marque à peu près le même degré qu'au commencement de la journée.

J'ai été étonné, comme l'avait été de Humboldt, de la forte proportion de vapeur que l'on trouve dans l'atmosphère des tropiques, même dans les stations les plus élevées. Par exemple, un hygromètre de Saussure, parfaitement réglé, transporté des rives de la mer du Sud à une altitude de 6000^{m}, n'a presque pas varié dans ses indications. Sur les neiges perpétuelles, l'instrument marqua 86°, la température étant de + 6°. Cela est certainement dû à cette circonstance que, en s'élevant dans les montagnes par un temps calme, on reste dans une couche d'air reposant sur un sol plus ou moins humide ; on constate alors l'état hygrométrique de cette zone inférieure et nullement celui qu'on trouverait à quelques mètres au-dessus de l'observateur.

Cependant l'atmosphère est évidemment moins chargée d'humidité dans les hautes régions qu'au niveau des mers ; aussi, sur les plateaux des Andes, quand elle est violemment agitée, l'hygromètre y signale quelquefois une grande sécheresse, à ce point que dans les plaines de Bogota je l'ai vu marquer, momentanément il est vrai, 26°.

C'est seulement par des observations hygrométriques exécutées pendant des ascensions en ballon que l'on décidera si réellement la quantité de vapeur contenue dans l'air est sujette à des variations périodiques.

J'ai rassemblé dans mon Mémoire les observations, la plupart inédites, exécutées, de concert avec M. de Rivero, entre le 10e degré de latitude nord et le 5e degré de latitude australe, dans la chaîne du littoral de Venezuela, au milieu des plaines du Meta et de l'Orénoque, dans

les Cordillères orientale et centrale, dans les vallées de la Magdalena, du Cauca, et continuées, durant mon séjour à l'équateur, depuis l'océan Pacifique jusqu'à une hauteur de 4000^{m} à 5000^{m}. J'ai eu soin de mettre en regard, comme termes de comparaison, les résultats dus à d'autres voyageurs.

Observations faites à la Guayra, à 11^{m},45 *au-dessus du niveau de la mer.*

Longitude O., 69°30′; latitude N., 10°35′; température moyenne, 27°,6.

Hauteurs barométriques maxima et minima de jour.

Baromètre ramené à 0°.

Dates 1822.	Heure du maximum.	Hauteur du maximum.	Heure du minimum.	Hauteur du minimum.	Variations barométriques.
	h	mm	h	mm	mm
Nov. 23	10 mat..	761,01	4 soir.	758,47	2,54
24	10.....	761,24	4	758,81	2,43
25	9.....	761,20	3	758,39	2,81
26	9.....	760,29	4	757,40	2,89
27	10.....	760,12	4	757,75	2,37
28	9.....	761,41	4	758,57	2,84
29	9.....	761,14	4	758,49	2,65
30	10.....	761,00	4	758,58	2,42
Déc. 1	10.....	760,66	4	758,14	2,52
6	10.....	759,52	4^{h}30^{m}	757,48	2,04
7	10.....	761,03	4	758,49	2,54
Moy.	9^{h}38^{m}	760,78	3^{h}57^{m}	758,23	2,54

Observations faites à Santa Marta par B. Lœwy, en janvier 1848.

Longitude O., 76°35′; latitude N., 11°15′; température moyenne, 27°,9.

Le baromètre à siphon de Bunten avait été comparé à celui de l'Observatoire de Paris.

A Santa Marta, l'instrument était placé sur la plage, à une hauteur qu'on n'a pas indiquée.

Santa Marta, port sur l'Atlantique, situé au sud-ouest de la Sierra Nevada de Merida.

Dates.	Heures.	Thermomètre libre.	Baromètre à 0°.	Variation diurne.
		°	mm	
Janvier 20	9^h matin . . .	26,5	760,58	
»	Midi	28,5	759,58	mm
	3 soir.	31,0	758,22	2,36
	9 soir.	26,5	759,98	
21	9 matin . . .	27,0	760,67	
	Midi	29,0	759,47	
	3 soir	32,0	758,00	2,67
	9 soir	27,5	759,80	
23	10 matin. . .	29,0	759,52	

	Moyenne.
	mm
Observations de 9^h du matin.	760,635
» 3^h du soir.	758,110
» midi	759,525
Moyenne.	759,423
Variation diurne	2,525

Observations faites à Cartagena, en 1831, *par M. Joaquin Acosta.*

Latitude N., 10°25′; longitude O., 77°50′; température moyenne, 27°,9.

Du 2 janvier au 1er février, les variations diurnes déduites des observations de 9^h du matin et de 3^h de l'après-midi ont été :

	mm
Moyenne.	2,32
Plus grande variation.	4,80
Plus petite.	0,80

Je rapporterai maintenant quelques observations faites sur les côtes de la mer du Sud.

Observations faites en 1823, *par le capitaine Duperrey, à Payta.*

Latitude S., 5°6′; longitude O., 83°26′; température moyenne, 27°,2.

Observations relevées pendant une relâche de la corvette *la Coquille*.

Dans une Note que le capitaine Duperrey m'a communiquée, il est dit que, pendant le séjour de la *Coquille* à Payta, les brumes ont été beaucoup moins fréquentes que dans la partie méridionale du Pérou, mais que le ciel a été généralement nuageux durant la nuit sans être parfaitement dégagé dans la journée. C'est à Payta que commence la zone de la côte où les pluies sont extrêmement rares. Les vents de sud-ouest et d'ouest dominaient dans la baie. Payta est à l'extrémité nord du désert de Piura.

Dates 1823.	Heures.	Baromètre à 0°.	Variations.	Température à l'ombre.	
	h m	mm	mm		o
Mars 13	9.30 mat.	758,98	2,97	minima	24,6
	3.30 soir.	756,10		maxima	30,0
14	9.30 mat.	759,14	3,04	minima	25,0
	6 soir.	756,10		maxima	30,5
15	9 mat.	759,69	3,78	minima	25,2
	5 soir.	755,91		maxima	30,6
16	9.30 mat.	758,92	1,88	minima	25,2
	3.45 soir.	757,04		maxima	31,6
	Moyenne......		2,92		

Observations faites à Payta en 1838 *par M. de Tessan pendant le voyage de la frégate* la Vénus.

Le baromètre est à 7^m au-dessus du niveau de la mer.

Dates. 1838.		Heures.	Baromètre.	Variations diurnes.
		h	mm	mm
Juin	9	9 matin...	759,00	3,30
		4 soir.....	755,70	
	10	8 matin...	761,16	3,90
		4 soir.....	757,26	
	11	9 matin...	761,14	2,62
		3 soir.....	758,52	
	12	9 matin...	760,73	2,93
		4 soir.....	757,80	
	13	9 matin...	760,24	2,90
		3 soir.....	757,34	
	14	9 matin...	759,92	2,47
		5 soir.....	757,45	
	15	10 matin...	761,34	3,40
		4 soir.....	757,94	
	16	10 matin...	761,45	3,11
		4 soir.....	758,34	
			Moyenne......	3,08

La plus grande variation.......... 3,90
La plus petite.................... 2,47

En 1832, j'avais observé, à Payta, au premier étage d'une maison placée au bord de la mer.

Payta, en janvier et février 1832.

Dates. 1832.		Heures.	Baromètre à 0°.	Variations diurnes.	Température de l'air à l'ombre.
			mm	mm	°
Janvier	28	8^{h} matin....	758,42		26,2
		9^{h} 15^{m} matin.	758,34		26,4
		Midi.......	756,25		27,2
		2^{h} soir.....	755,48		28,6
		4^{h} soir.....	754,70	3,72	28,2
	29	8^{h} 30^{m} matin.	758,26		26,6
		9^{h} matin....	758,21		26,6
		10^{h} matin....	758,17		27,0
		3^{h} soir.....	754,89		30,5
		4^{h} soir.....	754,79	3,47	30,5
	30	8^{h} 30^{m} matin.	757,94		27,0
		9^{h} matin....	757,74		27,0
		4^{h} soir.....	754,49	3,45	30,0
	31	7^{h} matin....	757,99		26,4
		8^{h} matin....	758,21		30,0
		9^{h} matin....	757,95		27,8
		4^{h} soir.....	754,52	3,69	27,8
Février	1	9^{h} 15^{m} matin.	757,70		27,2
		4^{h} soir.....	754,30	3,40	27,2
	2	9^{h} matin....	757,55		27,2
		4^{h} soir.....	754,72	2,83	27,7
	3	8^{h} 30^{m} matin.	758,14		27,0
		10^{h} 30^{m} matin.	757,26		26,8
		4^{h} soir.....	754,70	3,44	30,0
	4	9^{h} matin....	757,81		28,1
		4^{h} soir.....	754,03	3,78	30,4
		Variation moyenne.....		3,45	

Moyennes { des maxima........ 757,99
Moyennes { des minima........ 754,53

Différence...... 3,46

Tumaco.

Longitude O., 80°40′; Latitude N., 1°30′; température moyenne, 26°,5.

Port peu important sur l'océan Pacifique.

Le 21 février 1832, j'ai ouvert sur la plage le baromètre dont j'avais fait usage à Payta.

Heures.	Baromètre à 0°.	Température de l'air.
h	mm	o
9 matin...	759,68	26,1
Midi......	758,73	27,8
4 soir.....	757,97	27,8
Variation diurne..	1,71	

Buenaventura, sur l'océan Pacifique.

Longitude O., 79°30′; latitude N., 3°40′.

Ce port est à l'embouchure du rio Dagua, à 40 milles en ligne directe à l'ouest du faîte de la Cordillère occidentale.

Le 26 février 1832, j'observai le baromètre dans une maison située près de la mer.

Heures.	Baromètre à 0°.	Température de l'air à l'ombre.
h	mm	o
9 matin...	758,41	25,6
4 soir.....	755,77	28,6
Variation diurne...	2,64	

Observations dans la chaîne du littoral de Venezuela et dans les vallées d'Aragua.

Caracas, à la base de la Silla.

Latitude N., 10°38′; longitude O., 69°15′; altitude, 936m; température moyenne, 20°,4.

Observations du 9 au 27 décembre 1822.

Au nord et à 5 ou 6 milles de la côte; au sud, les plaines de Calabozo.

Dates. 1822.		Heures.		Baromètre à 0°.	Température de l'air.
		h m		mm	o
Déc.	9	2	soir...	684,20	»
		4	id....	683,77	24,0
		11	id....	685,18	19,5
	10	9	mat...	686,31	19,5
		10	id....	686,35	22,0
		4	soir...	683,47	25,0
		11	id....	684,72	19,0
	11	10.30	mat...	686,00	22,5
		1	soir...	684,28	25,0
		2	id....	683,62	25,0
		3	id....	683,52	24,4
		4	id....	683,34	24,5
		5	id....	683,75	23,0
		11	id....	684,49	19,5
	12	9	mat...	686,01	19,8
		10.30	id....	686,05	21,6
		5	soir...	683,08	24,5
		11	id....	685,20	18,0
	13	9	mat...	686,31	20,0
		3	soir...	683,50	24,0
		4	id....	683,18	23,3
		11	id....	684,77	20,5
	14	10	mat...	685,62	21,0
		5	soir...	683,04	22,0

Dates. 1822.	Heures.		Baromètre à 0°.	Température de l'air.
	h m		mm	o
Déc. 14	11	soir..	684,16	22,0
15	9.30	mat. .	684,78	22,0
	4	soir..	682,24	25,4
	11	id...	683,89	20,5

Observations faites sur un point plus élevé de la ville.

Dates. 1822.	Heures.		Baromètre à 0°.	Température de l'air.
	h m		mm	o
Déc. 23	4	soir...	682,95	20,7
	5	id....	683,13	20,3
	9	id....	684,58	19,5
	10	id....	684,61	19,3
	11	id....	684,38	19,3
24	8	mat ..	685,24	18,7
	9	id....	685,56	19,8
	9.30	id....	685,54	20,8
	10	id....	685,48	20,8
	4	soir...	682,33	21,9
	5	id...	682,63	21,0
26	8	mat...	686,37	19,5
	9	id....	686,58	20,0
	10	id....	686,67	20,9
	11	id....	686,69	20,5
	Midi........		685,75	21,5
	1	soir...	685,39	21,2
	2	id....	684,92	22,5
	3	id....	684,22	22,5
	4	id....	684,22	22,7
	5	id....	684,63	21,3
27	9	mat...	686,91	20,1
	10	id....	686,91	21,0
	11	id....	686,86	21,5

Hauteurs barométriques maxima et minima.

Dates 1822.		Heures des maxima.	Hauteurs maxima.	Heures des minima.		Hauteurs minima.	Variations barométriques.
		h	mm	h		mm	mm
Déc.	9			4	soir	683,77	
	10	10 matin.	686,35	4	id.	683,47	2,88
	11	10.30m...	686,00	4	id.	683,34	2,66
	12	10.30m...	686,05	5	id.	683,08	2,97
	13	9 ...	686,31	4	id.	683,18	3,13
	14	10 . .	685,62	5	id.	683,04	2,58
	15	9.30m...	684,78	4	id.	682,24	2,54
	23			4	id.	682,95	»
	24	9 ...	685,56	4	id.	682,33	3,23
	26	10.30m...	686,69	3.30m	id.	684,22	2,47
	27	9.30m...	686,91				

Variation moyenne.............. 2,81
La plus grande variation......... 3,23
La plus petite.................... 2,47

Observations faites par Humboldt, à Caracas, en novembre et décembre 1799.

Dates. 1799.		Baromètre à 0° à 9h matin.	Température de l'air.	Baromètre à 0° à 4h soir.	Température de l'air.	Variations barométriques.
			o	mm	o	mm
Nov.	30	684,18	18,7	681,15	21,3	3,03
Déc.	1	683,60	20,0	681,00	22,5	2,60
	2	685,57	20,0	681,40	21,3	4,17
	3	684,58	18,7	681,31	22,5	3,27
	4	684,58	18,7	681,01	22,5	3,57
	5	684,40	20,0	682,75	21,3	1,65
	6	684,30	20,0	681,15	21,3	3,15
	7	684,44	20,0	681,30	20,0	3,14
	20	683,28	18,7	680,69	20,0	2,59
	21	683,03	18,7	680,16	21,2	2,87

Dates. 1799.	Baromètre à 0° à 4h matin.	Température de l'air.	Baromètre à 0° à 4h soir.	Température de l'air.	Variations barométriques.
		°	mm	°	mm
Déc. 22	683,34	20,0	680,00	22,5	3,54
23	682,54	20,0	680,46	22,5	2,08
24	684,13	18,7	681,16	21,2	2,97

Variation diurne moyenne........ 2,97
La plus grande................. 4,17
La plus petite.................. 1,65

La Vittoria.

Latitude N., 10°, 14'; longitude O., 69°, 50'; altitude, 561m.

Au nord, la mer à 20 milles; au sud, les plaines du Méta, à 14 milles à l'est du lac de Tacarigua. Température moyenne : 25°.

Dates. 1823.	Heures de la journée.	Hauteurs barométriques réduites à 0°.	Température de l'air.
		mm	°
Janvier 23	9h matin...	715,41	24,0
	10 » ...	715,51	24,4
	11h » ...	715,24	26,5
	Midi.......	714,64	27,5
	1h soir....	713,99	27,5
	2h »	712,92	28,5
	3h »	712,38	28,5
	4h »	712,11	28,0
	5h »	712,29	26,5
	11h »	714,31	23,0
	Minuit......	714,41	23,0

Variation diurne.............. 3mm,30
Variation de 4h du soir à minuit.. 2mm,30

Maracay.

Latitude N., 10° 17'; longitude O., 70° 5'; altitude, 439m.

Température moyenne, 25°, 5; sur les bords du lac Tacarigua, à 15 milles au sud de la mer des Antilles.

Résumé des observations.

Dates. 1823.	Heures des maxima.	Maxima.	Heures des minima.	Minima.	Variation.	Température de l'air.
		mm		mm	mm	o o
Janvier 25	10^h matin.	725,07	5^h soir.	721,47	3,60	28,0 à 29,6
Février 3	9 » .	726,22	4 »	721,35	4,87	24,5 à 29,2
5	9 » . .	725,63	4 »	721,74	3,89	20,0 à 29,5
6	9 » .	726,05	5 »	721,79	4,26	25,6 à 27,9
9	9 » .	726,93	4 »	722,61	4,32	27,0 à 31,0
Moyenne	$9^h 15^m$		$4^h 24^m$		4,19	

San Luis de Cura.

Latitude N., 10° 5′; longitude O., 70°; altitude, 262^m.

Température moyenne : 27°,4; à 5 milles au sud du lac de Tacarigua.

Dates. 1823.	Heures.	Baromètre à 0°.	Température de l'air.
		mm	o
Février 17	9^h matin.....	737,30	24,4
	4^h soir..	734,00	27,5
Variation diurne......		3,30	

Nueva Valencia.

Latitude N., 10° 10′; longitude O., 70°, 34′; altitude, 488^m.

Température moyenne : 25°,8. A 8 milles à l'ouest du lac de Tacarigua.

Dates. 1823.	Heures d'observation.	Baromètre à 0°.	Variation diurne.	Température de l'air.
		mm	mm	o
Mars 3	9^h matin...	721,52	3,55	28,0
	4 soir.....	717,97		26,7
4	9 matin. . .	722,25	4,31	27,8
	2 soir.....	»		30,6
	4 »	717,94		27,8
5	10 matin...	721,96	3,99	27,2
	4 soir.....	717,97		26,7
	Moyenne......		3,95	

San Carlos.

Latitude N., 9°, 40′; longitude O., 70°; altitude, 169^{m}.

Température moyenne : 27°,4. A 1° au sud de la mer des Antilles, dans les *llanos.*

Dates. 1823.	Heures d'observation.	Baromètre à 0°.	Variation diurne.	Température de l'air.
			mm	°
Mars 13	9^{h} matin...	748,38	4,33	28,9
	4 soir.....	744,09		32,2
	5 »	744,05		
14	10 matin...	748,84	4,40	28,9
	3 soir.....	»		31,1
	4 »	744,44		
	Moyenne.........		4,36	

Tocuyo.

Latitude N., 9° 15′; longitude O., 71°56′; altitude, 629^{m}.

Température moyenne : 24°,4. Au pied Est de la Cordillère orientale des Andes, 80 milles à l'est du lac de Maracaybo.

Résumé des observations.

Dates. 1823.	Heures d'observation.	Baromètre à 0° maxima.	Heures d'observation.	Baromètre à 0° minima.	Variations diurnes.
		mm		mm	mm
Mars 21	10^{h} 15^{m} m.	708,31	4^{h} s.	704,97	3,34
» 22	10.30 .	709,70	4.30^{m}	706,76	2,94
» 23	9 .	710,74	4	708,09	2,65
» 24	10 .	711,43	4	706,95	4,48
» 25	9 .	710,34	4	706,59	3,75
Moyenne.	9^{h} 42^{m} .		4^{h} 6^{m}		3,43

Merida.

Latitude N., 8° 15′; longitude O., 73° 20′; altitude, 1619^{m}.
Température moyenne, 22°.

Sur le versant occidental de la Cordillère orientale, à 55 milles au sud du lac de Maracaybo, au pied de la Sierra-Nevada.

Dates. 1823.	Heures d'observation.	Baromètre à 0°.	Variations diurnes.	Température de l'air.
		mm	mm	°
Avril 12	11^{h} matin..	634,14	1,97	19,4
	4 soir....	632,17		20,6
15	10 matin..	633,49	1,69	22,4
	4 soir....	631,80		21,0
	Moyenne...........		1,83	

Pamplona.

Latitude N., 7° 18′; longitude O., 75° 4′; altitude, 2311^{m}.
Température moyenne, 16°,5.

Cordillère orientale, versant ouest, dans une étroite vallée entourée de montagnes élevées de 3500^{m} à 4500^{m}, à 120 milles au sud du lac de Maracaybo.

Dates. 1823.	Heures d'observation.	Baromètre à 0°.	Variations diurnes.	Température de l'air.	Observations.
		mm	mm	°	
Mai 10	8^{h} mat..	584,20	2,70	17,4	
	10 » .	584,55		16,7	Brouillard.
	11 » .	584,40		17,4	
	Midi. . .	584,20		17,8	
	1^{h} soir..	583,37		18,3	
	2 » ..	582,65		19,4	
	3 » ..	581,96		20,0	
	4 » ..	581,85		20,3	
11	9^{h} mat..	583,55	1,55	16,1	Fort brouillard.
	10 » .	583,57		16,7	
	11 » .	583,55		18,0	
	Midi....	583,00		18,3	
	1^{h} soir..	582,61		19,1	
	2 » ..	582,20		19,4	
	3 » ..	582,02		18,3	
	4 » ..	582,10		16,9	
	Moyenne......		2,13		

A Pamplona, pendant les observations, brouillard dans la matinée, ciel couvert la nuit.

Santa Fé de Bogota.

Latitude N., 4°36′; longitude O., 76°34′; altitude, 2641m.

Sur une esplanade de la Cordillère orientale, au pied d'une chaîne de montagnes dont les points les plus élevés ne dépassent pas 4500m, cette haute vallée, dans laquelle coule, à l'ouest, le Rio Bogota, tributaire du Rio Grande de la Magdalena, a une largeur de 12 à 18 milles. Bogota (Santa Fé) est à environ 3° des côtes de l'Océan Pacifique. La largeur de la Cordillère qui, à l'orient, domine la ville, est d'à peu près 20 milles; la chaîne s'abaisse jusqu'au niveau des *llanos* de San Martin, et les eaux qu'elle déverse arrosent les plaines du Meta et du Guaviare, tributaires de l'Orénoque.

Le baromètre était installé au premier étage d'une maison dite la *Casa de la Expedicion botanica,* autrefois occupée par Celestino Mutis.

Les colonnes de mercure ont été réduites à 0°.

Les observations, commencées en août 1823, ont été continuées jusqu'en décembre 1824. Il y a eu une interruption en septembre 1824.

La moyenne de la variation diurne, déduite des 348 jours d'observations, faites entre le 1er août 1823 et le 22 décembre 1824, est.................... 2mm,28

La plus grande variation.... 3mm,58 (3 janvier 1824.)

La plus petite variation..... 0mm,14 (18 juillet 1824.)

Les hauteurs moyennes du baromètre, ramenées à 0°, ont été :

	mm	Observations.
En août 1823.........	561,30	26
septembre.........	561,10	26
octobre...........	560,88	24
novembre.........	560,59	28
décembre.........	560,28	31
janvier 1824.......	560,65	29
février.............	560,70	23
mars.............	560,86	16
avril.............	561,28	18
mai.............	560,88	24
juin..............	561,57	20
juillet............	561,52	16
août.............	561,20	23
octobre...........	561,49	8
novembre.........	560,58	19
décembre.........	560,73	17
Moyenne......	560,98	

Observations barométriques à Bogota, par D. Francisco José de Caldas.

En 1808, Caldas fit à Bogota, pendant six mois, une suite d'observations météorologiques insérées dans le *Semanario de la Nueva Granada*. Les hauteurs maxima et les hauteurs minima de la colonne de mercure ont été observées à 9^h du matin et à 4^h du soir.

Caldas avait rempli son baromètre avec du mercure purifié qu'il avait fait bouillir dans le tube. L'instrument que j'ai vu n'était pas à niveau constant, mais le diamètre de la cuvette était si considérable par rapport à celui de la section intérieure du tube que, pour d'aussi faibles variations que celles constatées à Bogota, la correction exigée par suite du déplacement de niveau devait être insignifiante.

Je n'ai pas cru devoir réduire à 0° les hauteurs barométriques. Il s'agissait de trouver l'amplitude de la variation diurne; or, dans les six mois d'observations, le thermomètre placé à l'intérieur n'a pas varié de 2°. D'aussi

faibles changements de température ne sauraient affecter l'expression de la valeur de la variation diurne.

180 observations, de janvier à juin 1808, donnent pour moyenne de la variation barométrique diurne....... $2^{mm},23$
La plus grande, le 27 janvier.................. $3^{mm},95$
La plus petite, le 23 avril..................... $1^{mm},31$

Températures moyennes des mois à Bogota.

Août 1823......	14°,81
Septembre.......	14,46
Octobre.........	14,42
Novembre.......	13,84
Décembre.......	13,85
Janvier 1824....	14,42
Février.........	14,69
Mars......	14,53
Avril...........	14,65
Mai............	14,94
Juin............	14,79
Juillet..........	13,91
Août...........	13,72
Septembre.......	14,65
Octobre.........	14,57
Novembre.......	15,53
Moyenne.....	14,5

Quantités de pluie tombée à Bogota.

Années.	Pluie.	Observateurs.
1807............	100cm,3	Caldas.
1837............	106,0	Illingworth.
1838............	130,0	»
1839......... ...	91,4	»
1840............	114,3	»
1841....	121,9	»
1842............	101,0	»
Moyenne de sept années..	108,7	

On résumera ici les observations météorologiques enregistrées à Bogota d'août 1823 à décembre 1824.

	Jours d'observation.	Jours où le ciel a été découvert.	nuageux.	Jours de pluie et brouillard.	grêle et tonnerre.
Août 1823....	26	15	10	1	»
Septembre......	26	2	22	1	1
Octobre........	24	1	19	4	»
Novembre......	28	14	9	5	»
Décembre......	31	4	18	5	4
Janvier 1824...	29	9	15	4	1
Février........	23	9	12	2	»
Mars..........	16	6	5	4	1
Avril..........	18	6	7	5	»
Mai..........	24	9	12	3	»
Juin...........	20	9	9	2	»
Juillet........	16	6	4	6	»
Août..........	23	4	18	1	»
Septembre.....		Pas d'observations.			
Octobre.......	8	5	1	2	»
Novembre......	19	10	6	2	1
Décembre......	17	5	4	6	2

Dans les 348 jours compris entre août 1823 et décembre 1824, il y a eu :

Jours où le ciel a été pur.......	114
» nuageux...	171
» de pluie................	53
» de grêle................	10

En 1824, la grêle tombée le 6 novembre à 2^h de l'après-midi fut remarquable par son abondance et la grosseur des grains, à peu près sphériques, dont le diamètre atteignait 0^m,010 à 0^m,015. Durant quelques instants l'obscurité était complète. Un peu avant la chute on avait entendu un bruit comparable à celui que ferait une charge

de cavalerie. Les éclairs se succédaient sans interruption. La grêle fut suivie d'une pluie torrentielle.

Ubate.

Latitude N., 5°4'; longitude O., 76°30; altitude, 2562m; température moyenne, 15°,5.

Sur l'esplanade de Bogota.

Dates. 1824.	Heures d'observation.	Température de l'air.	Baromètre à 0°.	Variation diurne.
		o	mm	mm
Août 8	9h matin...	15,3	566,49	2,12
	4 soir.....	17,8	564,37	

Chiquinquira.

Latitude N., 5°32'; longitude O., 76°30; altitude, 2597m; température moyenne, 17°,2.

A l'extrémité nord de l'esplanade de Bogota.

Dates. 1824.	Heures d'observation.	Température de l'air.	Baromètre à 0°.	Variation diurne.
		o	mm	mm
Août 18	9h matin...	16,5	565,14	1,67
	4 soir.....	17,8	563,47	

Velez (province du Socorro).

Latitude N., 6°5'; longitude O., 76°20'; altitude, 2198m; température moyenne, 20°.

Dates. 1824.	Heures d'observation.	Température de l'air.	Baromètre à 0°.	Variation diurne.
		o	mm	mm
Août 21	9h matin...	20,5	593,02	2,14
	4 soir.....	21,0	590,88	

Observations faites dans la vallée du rio Grande de la Magdalena.

Honda.

Latitude N., 5°12′; longitude O., 77°13′; altitude, 270m; température moyenne, 27°,9.

Dates. 1823.	Heures.	Température extérieure.	Baromètre à 0°.	Variations diurnes.
		°	mm	mm
Juill. 20	9h matin..	28,2	740,95	4,22
	4 soir....	31,8	736,34	
21	10 matin..	28,2	740,26	4,61
	4 soir....	31,5	736,04	
22	9 matin..	29,2	740,19	3,94
	4 soir....	32,0	736,25	
		Moyenne.......		4,26

Observations faites par M. Lœwy en 1848 à Honda.

Baromètre comparé à celui de l'Observatoire de Paris.

Dates. 1848.	Heures.	Température extérieure.	Baromètre à 0°.	Variation diurne.
		°	mm	mm
Mars 28	8h45m mat.	27,3	741,19	
	9 » ..	27,3	741,11	
	Midi.....	30,5	738,80	
	3 soir....	31,0	736,16	5,03
	9 ».....	27,8	738,81	
29	3 matin..	26,0	738,80	
	9 » ..	27,0	740,96	
	Midi.....	30,3	738,87	
	3 soir....	31,5	736,48	4,48
	9 »	27,0	738,45	
		Moyenne.........		4,75

Tocayma.

Latitude N., 4°32′; longitude O., 77°; altitude, 455ᵐ.

Sur le versant ouest de la Cordillère orientale.

Dates. 1827.	Heures. d'observation.	Température de l'air.	Baromètre à 0°.	Variation diurne.
		°	mm	mm
Mai 10	9ʰ matin...	26,5	724,38	
	Midi......	28,3	722,92	
	4 soir.....	29,5	720,67	3,71

Ibagué.

Latitude N., 4° 28′; longitude O., 77° 40′; altitude, 1323ᵐ; température moyenne, 21°, 8.

Au pied Est de la Cordillère centrale.

Résumé des observations. Variations diurnes à Ibagué.

Années.	Dates.		Variations diurnes.
			mm
1826.	Décembre	28....	3,45
1827.	Janvier	2....	2,64
»	»	3....	3,51
»	»	6....	3,63
»	»	7....	3,95
»	»	14....	3,24
»	»	15....	2,81
»	»	16....	2,31
»	»	17....	2,90
»	»	18....	2,70
»	»	19....	2,88
»	»	21....	3,45
Moyenne..........			3,11

Provinces d'Antioquia et du Cauca.

Antioquia.

Latitude N., 6° 30′; longitude O., 78° 30′; altitude, 629m; température moyenne, 26°.

Sur la rive gauche du Cauca.

Dates. 1825.	Heures d'observation.	Température de l'air.	Baromètre à 0°.	Variation diurne.
		°	mm	mm
Novembre 19	8h matin...	24,3	710,40	4,40
	10 » ...	26,0	710,15	
	Midi 30m....	26,6	707,10	
	4 soir.....	27,5	706,00	
	9 »	24,9	709,20	
	10 »	24,3	709,90	

Rio Negro, province d'Antioquia.

Latitude N., 6° 8′; longitude O., 78°; altitude, 2126m; température moyenne, 17°.

Sur un plateau, à l'est de Medellin.

Dates. 1825.	Heures d'observation.	Température de l'air.	Baromètre à 0°.
		°	mm
Oct. 24	9h matin......	16,5	596,90
	10 »	17,0	595,80
	11 »	17,5	596,10
	Midi..........	17,4	595,61
	1 soir........	18,5	593,62
	2 »	17,4	593,21
	3 »	17,0	593,10
	4 »	17,0	593,10

Variations diurnes..	Octobre 24	3,80 mm
	25	3,47
	26	3,89
	27	4,72
	Moyenne	3,97

Sonson.

Latitude N., 5°42′; longitude O., 77°44′; altitude, 2535m; température moyenne, 14°.

Sur le faîte de la Cordillère centrale.

Dates. 1828.	Heures d'observation.	Température de l'air.	Baromètre à 0°.	Variations diurnes.
		°	mm	mm
Janv. 2	9h matin	14,8	568,64	
	Midi	14,5	568,32	1,66
	4h soir	16,0	566,98	
3	9 matin	13,5	568,30	
	Midi	14,7	568,05	1,67
	4h soir	14,3	566,63	
4	9 matin	13,5	568,05	1,63
	4 soir	15,5	566,42	
5	10 matin	15,5	567,47	
6	9 matin	14,5	566,67	0,89
	4 soir	16,5	565,78	
7	9 matin	16,5	566,58	
8	9 matin	13,7	567,99	
	Midi	15,5	567,43	0,76
	4 soir	16,5	567,23	
	Moyenne			1,32

Hacienda del Rodeo, près Marmato.

Altitude, 1709^{m} ; température moyenne, 19°,5.

Dates. 1828.		Heures d'observation.	Température de l'air.	Baromètre à 0°.	Variations diurnes.
			°	mm	mm
Fév.	28	9^{h} matin...	17,8	627,74	3,13
		4 soir.....	25,0	624,61	
	29	9 matin...	17,8	627,99	2,92
		4 soir.....	23,9	625,07	
Mars	6	9 matin...	18,3	628,94	2,75
		4 soir.....	22,8	626,19	
	7	9 matin...	18,9	628,08	3,15
		4 soir.....	23,3	624,93	
		11 »	20,6	627,06	
	8	9 soir. ...	16,7	628,10	1,45
		4 »	17,2	626,65	
	9	9 matin...	17,2	628,35	2,57
		4 soir.....	20,0	625,78	
		11 »	18,9	627,08	
	30	9 matin...	21,1	626,06	2,86
		4 soir.....	21,7	623,20	
	31	9 matin...	20,6	625,36	2,33
		4 soir.....	23,3	623,03	
Avril	1	9 matin ...	21,1	625,46	2,89
		4 soir.....	24,4	622,57	
	2	10 matin...	21,1	626,06	2,48
		4 soir.....	23,3	623,58	
	3	9 matin...	21,1	626,66	3,08
		4 soir.....	23,3	623,58	
	8	9 matin...	20,6	627,66	2,32
		4 soir.....	22,8	625,34	
	10	9 matin ...	19,4	629,22	2,65
		4 soir.....	20,0	626,57	
	11	9 matin ...	20,0	629,12	3,00
		4 soir.....	20,0	626,12	
	12	9 matin...	18,3	630,24	3,13
		4 soir.....	21,1	627,11	
	13	9 matin...	17,2	629,40	3,23
		4 soir.....	19,4	626,17	
		Moyenne...............			2,75

Mines d'or de Marmato. — Casa del Director.

Latitude N., 5° 22'; longitude O., 78° 11'; altitude, 1567^m; température moyenne, 20°,4.

Rive gauche du Cauca, près Supia, 800^m au-dessus du rio.

Dates 1829.		Heures d'observation.	Température de l'air.	Baromètre à 0°.	Variations diurnes.
			°	mm	mm
Janv.	11	Midi........	22,2	646,89	
		4^h soir.......	22,8	645,30	
		10 »	21,0	647,85	
	12	9 matin......	20,6	648,45	
		Midi.........	21,7	646,60	3,76
		4^h soir.......	23,3	644,69	
	13	9 matin.....	20,6	648,35	
		Midi.........	22,2	646,69	3,44
		4^h soir........	22,8	644,91	
	15	9 matin......	21,7	648,10	
		Midi.........	22,8	646,34	3,10
		4^h soir.......	22,8	645,00	
	17	9 matin......	20,0	648,95	
		Midi...	21,7	646,14	4,25
		4^h soir.......	21,7	644,70	
	18	9 matin......	20,0	647,80	
		Midi.........	21,7	646,30	3,20
		4^h soir.......	21,7	644,60	
	20	9 matin......	20,6	648,85	3,68
		4 soir.......	22,2	645,17	
	21	9 matin......	20,6	648,05	
		Midi.........	22,2	646,74	3,79
		4^h soir.......	23,3	644,26	
	22	9 matin......	21,1	647,70	3,46
		4 soir.......	22,8	644,24	
	23	9 matin......	21,7	647,85	3,59
		4 soir.......	23,9	644,26	
		Variation diurne moyenne.....			3,59

Rio Sucio de Engurumá.

Altitude, 1818^m; température moyenne, 19°,3.

A quelques milles à l'ouest de Marmato, dans la Cordillère occidentale.

Dates. 1825.	Heures d'observation.	Température de l'air.	Baromètre à 0°.	Variations diurnes.
		°	mm	mm
Août 16	9^h 30^m matin..	20,0	619,65	
	Midi........	22,0	617,95	
	4^h soir.......	24,0	616,60	3,05
	11 »	17,0	619,18	
17	4 matin.....	14,9	617,97	
	9 »	25,0	619,11	
	4 soir.......	25,5	616,72	2,39
	11 »	18,0	618,03	
18	9 matin.....	20,0	620,05	
	Midi........	27,0	618,95	2,55
	4^h soir.......	25,0	617,50	
19	9 matin.....	23,5	619,81	
	4 soir.......	25,5	617,00	2,81
20	9 matin.....	23,5	619,45	
	4 soir.......	25,5	616,72	2,73
22	9 matin.....	24,8	619,64	
	4 soir.......	21,5	617,35	2,29
	Variation diurne moyenne.....			2,64

Cartago.

Latitude N., 4°45′; longitude O., 78°26′; altitude, 978^m; température moyenne, 24°,5.

Près du Cauca, rive droite.

Dates. 1827.	Heures d'observation.	Température de l'air.	Baromètre à 0°.	Variations diurnes.
		°	mm	mm
Juin 5	9^h matin.....	24,7	683,87	
	Midi.........	24,7	682,57	3,60
	4^h soir.......	25,2	680,27	
6	9 matin.....	23,3	683,98	3,86
	4 soir.......	27,0	680,12	
7	9 matin.....	23,6	683,94	4,40
	4 soir.......	26,0	679,54	

Dates. 1827.	Heures d'observation.	Température de l'air.	Baromètre à 0°.	Variations diurnes.
		°	mm	mm
Juin 8	Midi	25,5	681,78	
16	9h matin	24,8	683,11	
	Midi	25,7	681,41	3,80
	4h soir........	28,1	679,31	
21	9 matin......	24,0	683,60	5,92
	4 soir........	27,3	677,68	
1832.				
Mars 30 (¹)	9 matin......	22,0	685,16	
	10 »	21,5	685,22	
	11 »	22,3	684,83	
	Midi..........	22,5	683,75	
	1h soir	23,0	681,76	5,27
	2 »	23,5	681,05	
	3 »	24,0	680,35	
	4 »	24,0	679,95	
	5 »	22,5	680,20	
	6 »	22,0	681,86	
	7 »	22,0	681,96	
	8 »	22,0	682,81	
	9 »	22,0	683,31	
	10 »	22,5	683,70	
	11 »	22,5	683,80	
31	7 matin......	21,5	683,97	
	8 »	21,3	684,14	
	9 »	21,5	684,37	
	10 »	21,3	684,34	
	11 »	21,5	684,67	
	Midi..........	22,0	684,21	
	1h soir	21,5	684,22	2,33
	2 »	22,0	683,41	
	3 »	22,0	682,56	
	4 »	22,1	682,30	
	5 »	22,2	682,04	
	7 »	21,3	682,34	
	9 »	21,3	682,64	
	10 »	21,3	682,59	
	Moyenne.................			4,17

(¹) Les observations sont faites dans une autre maison.

Popayan.

Latitude N., 22° 6′ ; longitude O., 79°; altitude, 1809^{m}; température moyenne, 18°, 9.

Près du point où la Cordillère des Andes se ramifie. La ville de Popayan est à 20 milles au nord-ouest du volcan de Puracé.

Dates. 1831.		Heures d'observation.	Baromètre.	Température du baromètre.	Baromètre à 0°.
			mm	o	mm
Avril	14	10^{h} matin . .	624,65	18,6	622,76
		Midi	623,55	18,9	621,60
		4^{h} soir.	621,00	19,2	619,05
		Variation diurne.			3,71

Anserma Nuevo.

Latitude N., 4°, 48 ; longitude O., 78°, 30′; altitude, 1050^{m}; température, 26°, 4.

Vallée à quelques milles de Cartago.

Dates. 1829.		Heures d'observation.	Température de l'air.	Baromètre à 0°.	Variations diurnes.
			o	mm	mm
Février	4	9^{h} matin	25,0	676,30	
		Midi	26,1	674,64	3,79
	5	4^{h} soir.	27,2	672,51	
	6	9 matin.	25,0	676,25	
		Midi	27,2	675,36	2,22
		4^{h} soir.	27,2	674,03	
		Variation diurne moyenne. . .			3,00

Plaines du rio Meta et de l'Orénoque.

San Martin.

Latitude N., 3°45′; longitude O., 75°35′; altitude, 432m; température moyenne, 27°,5.

A l'est-sud-est de Bogota, au pied de la Cordillère orientale.

Dates. 1824.		Heures d'observation.	Température de l'air.	Baromètre à 0°.	Variations diurnes.
			°	mm	mm
Janvier	25	9h matin	29,0	725,94	
		10 »	29,2	725,66	4,29
		4 soir	32,0	721,65	
	26	8 matin	25,6	725,20	
		9 »	29,0	725,08	
		10 »	30,6	725,17	
		11 »	29,4	725,16	
		Midi	29,7	724,56	
		1h soir	30,6	724,33	3,00
		2 »	28,3	723,17	
		3 »	30,6	722,25	
		4 »	29,7	722,27	
		5 »	28,6	722,20	
		6 »	28,3	722,32	
		7 »	26,5	722,97	
		8 »	25,2	723,93	
		9 »	25,0	724,40	
		10 »	25,0	724,69	
		11 »	22,2	725,14	
	27	8 matin	24,2	725,67	
		9 »	25,0	725,73	
		10 »	25,8	725,68	
		11 »	26,4	725,77	
		Midi	28,0	725,51	2,76
		1h soir	28,0	724,97	
		2 »	28,6	723,37	
		3 »	27,5	722,97	
		4 »	23,7	723,26	
		Variation diurne moyenne...			3,25

Marayal.

Altitude, 236^{m}.

Sur le rio Meta, à l'est-sud-est de Bogota.

Dates. 1824.		Heures d'observation.	Température de l'air.	Baromètre à 0°.	Variation diurne.
			°	mm	mm
Janvier	12	9^{h} matin	31,1	743,64	4,69
		4 soir	34,4	738,95	

Cariben, sur l'Orénoque.

Dates. 1824.		Heures.	Température de l'air.	Baromètre à 0°.	Variation diurne.
			°	mm	mm
Mars	8	9^{h} matin	30,5	756,57	3,88
		3 30^{m} soir	34,7	752,69	

Pasto.

Latitude N., 1° 13′ ; longitude O., 79° ; altitude, 2610^{m} ; température moyenne, 14°.

A 10 milles à l'est du volcan.

Dates. 1831.		Heures.	Température de l'air.	Baromètre à 0°.
			°	mm
Juin	9	Midi	13,4	565,58
	10	9^{h} matin	13,3	565,84
		Midi	13,3	565,74
	11	9^{h} matin	12,2	565,89
		4 soir	14,0	564,22
		Variation diurne....		1,67

Novita, au Choco.

Latitude N., 4°36′; longitude O., 78°40; altitude, 180m; température moyenne, 26°,5.

A la base ouest de la Cordillère occidentale, sur la rive droite du rio San Juan, allant à l'océan Pacifique.

Dates. 1829.		Heures.	Température de l'air.	Baromètre à 0°.	Variations diurnes.
			°	mm	mm
Février	21	9h matin......	26,1	746,54	3,00
		Midi.........	27,2	744,31	
		4h soir.......	26,1	743,54	
	22	9 matin......	26,1	747,24	3,38
		4 soir.......	27,2	743,86	
		Variation diurne, moyenne...			3,19

Plateau de l'Équateur.

Les montagnes à foyers volcaniques de l'Équateur courent du sud au nord suivant deux lignes parallèles séparées par une étroite vallée. La bifurcation de la chaîne des Andes en deux rameaux commence vers le 3e degré de latitude australe et se prolonge jusqu'à la province de Pasto. Cette longue vallée est interrompue par des monticules ou nœuds formant plusieurs plateaux ayant à peu près la même altitude et sur lesquels sont placés Quito, Latacunga, Hambato, Riobamba, Alausi, Cuenca. Sur la chaîne occidentale se trouvent le nevado de Cotocachi, le volcan de Pichincha, les nevados d'Iliniza, du Carahuirazo, du Chimborazo; sur la chaîne opposée, les nevados de Cayambe, d'Antisana, et deux volcans en pleine activité, le Cotopaxi, le Sangay.

Quito, à la base du Pichincha.

Latitude S., 0° 14′; longitude O., 81° 5′; altitude, 2910^{m}.

Observations de M. Carlos Aguirre, de décembre 1845 *à novembre* 1846.

Le baromètre, construit par Bunten, avait été comparé à celui de l'Observatoire de Paris. L'instrument indiquait des hauteurs trop faibles de 0^{mm},23. La correction n'a pas été appliquée.

On a réduit à 0°.

278 observations sont consignées dans mon Mémoire. On a présenté ici les moyennes mensuelles des maxima et des minima.

	Baromètre à 0°		Nombre d'observa-tions.	Hauteur baro-métrique.
1845.	maxima.	minima.		
	mm	mm		mm
Décembre....	547,78	545,47	7	546,62
1846.				
Janvier......	547,37	545,37	24	546,37
Février......	547,79	545,47	22	546,63
Mars........	547,77	545,37	16	546,57
Avril........	547,79	545,72	24	546,75
Mai..........	548,40	546,45	30	547,42
Juin	548,29	546,41	25	547,35
Juillet.......	548,77	546,62	29	547,70
Août........	548,13	546,20	27	547,16
Septembre....	547,69	545,82	28	546,75
Octobre......	548,08	545,51	28	546,80
Novembre....	547,55	545,32	18	546,44
Moyenne...	547,95	545,81		

Maxima.......... 547^{mm},95
Minima.......... 545^{mm},81

Hauteur barométrique déduite des maxima et minima à 546^{mm},88.

Les 278 observations donneraient pour moyenne de la variation diurne $2^{mm},14$.

La plus forte variation.... $3^{mm},46$ 13 mars 1846.
La plus faible........... $0^{mm},96$ 2 juin.

J'ai trouvé pour la température moyenne annuelle de Quito $15^{o},2$; le P. Aguilar, de la Compagnie de Jésus, donne, pour les années 1864-1865, $14^{o},9$.

Durant la saison sèche ou plutôt la moins pluvieuse, du commencement de juin à la fin de septembre, les vents N.-E. dominent; pendant la saison des pluies, ce sont les vents S.-O.

Il pleut souvent à Quito. Suivant le P. Aguilar, on aurait eu pour la pluie tombée :

1864.	mm
Juin..............	49
Juillet.............	100
Août..............	137
Septembre..........	92
Octobre............	214
Novembre..........	115
Décembre..........	256
1865.	
Janvier............	62
Février............	135
Mars..............	253
Avril..............	482
Mai...............	170
En une année.....	$2095 = 2^{m},095$

Ce serait le double de la quantité d'eau qui tombe sur le plateau de Bogota.

Les observations udométriques de M. Carlos Aguirre, faites pendant sept mois, s'accordent avec celles du P. Aguilar.

De décembre 1845 à juin 1846, on a mesuré 1166^mm d'eau :

1845.		
Décembre	164^mm	1166^mm d'eau.
1846.		
Janvier	192	
Février	147	
Mars	149	
Avril	236	
Mai	195	
Juin	83	

On aurait pour l'année entière 2^m d'eau.

Quant à l'état hygrométrique de l'atmosphère à Quito, il est à peu près celui de Bogota.

Voici les nombres de jours de pluie, de brouillard et de tonnerre enregistrés pendant une année par M. Aguirre :

	Pluie. Jours	Brouillard. Jours	Tonnerre. Jours
1845.			
Décembre	18	4	2
1846.			
Janvier	3	1	2
Février	4	1	2
Mars	12	1	3
Avril	14	2	4
Mai	11	5	0
Juin	7	2	1
Juillet	3	2	0
Août	5	0	1
Septembre	7	1	3
Octobre	11	6	5
Novembre	11	9	4
Totaux	106	34	27

Lorsqu'on entend le tonnerre, l'orage n'éclate pas toujours sur Quito, mais dans les environs. Il tombe dans



une année six à huit fois de la grêle, mais il grêle plus fréquemment dans la montagne que dans la ville.

Il peut être curieux de comparer les météores aqueux signalés par M. Aguirre à ceux observés par le P. Aguilar. Voici ceux donnés par ce dernier :

1864.	Pluie. Jours	Tonnerre. Jours	Grêle. Jours
Juin	3	0	0
Juillet	2	3	1
Août	16	3	3
Septembre	6	5	1
Octobre	15	19	1
Novembre	9	3	0
Décembre	18	2	1
1865.			
Janvier	7	1	0
Février	9	0	1
Mars	17	1	1
Avril	24	8	2
Mai	18	0	0
Totaux	144	45	11

Si l'on considère comme pluie les 34 jours de fort brouillard enregistrés par M. Aguirre, on aurait 140 pour le nombre des jours pluvieux, presque exactement celui indiqué par le P. Aguilar.

Latacunga.

Latitude australe, 0° 59'; longitude O., 80° 50'; altitude, 2860m.

Au sud de Quito, en vue du volcan Cotopaxi, sur un plateau peu étendu, M. Cassola, un de mes élèves, a fait, avec un baromètre comparé à celui de Paris, 3650 observations durant l'année 1857. On observait chaque jour de 8h du matin à 5h du soir. Le détail de ce travail est consigné dans mon Mémoire. Je me bornerai ici à en présenter un extrait.

1857.	Baromètre à 0°. 9h matin.	4h soir.	Variation diurne.
	mm	mm	mm
Janvier	551,48	548,71	2,77
Février	551,24	547,36	3,88
Mars	551,35	548,38	2,97
Avril	551,76	549,21	2,55
Mai	552,10	549,10	3,00
Juin	551,50	549,20	2,30
Juillet	551,51	549,23	2,28
Août	552,57	549,81	2,76
Septembre	552,05	549,18	2,87
Octobre	551,86	549,23	2,63
Novembre	551,50	548,85	2,65
Décembre	551,13	548,44	2,69
Moyenne	551,62	548,64	2,77

	mm
Moyenne des maxima	551,62
Moyenne des minima	548,64
Hauteur moyenne du mercure	550,13

Température moyenne de Latacunga donnée par un thermomètre placé dans le sol, au rez-de-chaussée, la boule de l'instrument étant à $0^m,33$ *de profondeur.*

On observait à 9^h du matin.

	Moyenne des températures.
	°
Janvier	13,2
Février	13,3
Mars	13,1
Avril	13,0
Mai	13,9
Juin	13,3
Juillet	13,2
Août	13,3
Septembre	13,5
Octobre	13,6
Novembre	13,4
Décembre	13,4
Moyenne	13,3

Pluie recueillie à Lacatunga en 1857.

	mm
Janvier	59,8
Février	110,2
Mars	125,5
Avril	63,8
Mai	37,2
Juin	10,8
Juillet	37,2
Août	5,5
Septembre	48,5
Octobre	101,2
Novembre	21,2
Décembre	65,1
En une année	686,0

Métairie d'Antisana.

Latitude S., 0° 32′; longitude O., 80° 38′.

A 35 milles au sud-est de Quito, à la base du sommet neigeux du volcan.

Altitude de la Métairie................ 4072^{m}
Altitude du volcan d'Antisana........... 5878^{m}

Dates. 1831.		Heures.	Baromètre à 0°.	Température de l'air.	Remarques.
			mm	°	
Août	4	4^{h} soir	472,61	5,0	Neige.
		5 »	472,57	3,6	»
		7 »	473,97	2,8	Ciel découv.
		11 »	472,83	2,0	»
	5	4 matin	472,87	1,7	»
		8 »	473,02	2,8	»
		8.30^{m} matin	473,37	2,3	»
		9 matin	473,27	3,4	»
		4 soir	472,33	3,3	Ciel couvert.

		mm
Variation diurne	....	1,04
Variation de 4h soir à 11h soir	....	0,20
Variation de 11 soir à 4 matin	..	0,40

Durant une ascension au sommet du volcan, je fus atteint subitement d'une ophtalmie des plus graves, causée par la réverbération des neiges. Forcé de retourner à Quito, je dus renoncer à continuer les observations que j'avais commencées à la Métairie, une des stations habitées les plus élevées du globe. Des études météorologiques sur un point placé à une telle altitude, sous l'équateur même, offraient un grand intérêt. Heureusement que, quelques années plus tard, j'engageai un jeune Américain, M. Carlos Aguirre, élève distingué de l'École Centrale, à établir un observatoire à l'Antisana.

C'est certainement la première série d'observations exécutée à une altitude peu différente de celle du sommet du mont Blanc.

J'ai extrait des registres de M. Aguirre et réduit à 0° les hauteurs maxima et minima pour en déduire la variation barométrique.

Le baromètre établi en 1846 dans la Métairie avait été construit par Bunten et comparé au baromètre de l'Observatoire de Paris.

RÉSUMÉ.

La variation diurne moyenne déduite de 374 jours d'observation est de.............. $0^{mm},52$

La plus grande variation de $1^{mm},65$ le 27 avril 1846.

La plus petite variation de $0^{mm},10$ le 23 octobre 1846.

La hauteur moyenne du baromètre, déduite des maxima et des minima observés chaque jour a été à l'Antisana :

1845.	mm	Jours d'observation.
Décembre........	471,37	21
1846.		
Janvier..........	471,35	31
Février..........	471,51	28
Mars............	471,78	31
Avril............	471,71	30
Mai.............	472,31	31
Juin............	472,50	30
Juillet...........	472,42	31
Août...........	472,11	31
Septembre........	471,60	30
Octobre..........	471,60	31
Novembre........	471,38	30
Décembre.........	471,31	19
Moyenne......	471,77	
Correction.....	0,50	
Hauteur moyenne corrigée	471,27	

TEMPÉRATURE MOYENNE

	déduite des maxima et des minima de la journée.	déduite de la somme des observations faites d'heure en heure entre 6h du matin et 6h du soir.
1845.	o	o
Décembre....	6,81	7,04
1846.		
Janvier......	6,50	6,67
Février......	5,59	5,80
Mars........	5,88	5,99
Avril........	6,30	6,34
Mai.........	5,75	6,00
Juin........	4,98	5,12
Juillet.......	3,45	3,56
Août........	3,37	3,42
Septembre....	4,14	4,12
Octobre......	5,31	5,33
Novembre....	5,75	5,81
Décembre....	5,41	5,37
Moyenne...	5,18	Moyenne 5,44

Un thermomètre maintenu, pendant la nuit du 5 au 6 août 1831, à $0^m,4$, au fond d'un trou de mine pratiqué dans le sol de la maison d'Antisana, marquait à 8^h du matin $+5^\circ,0$, la température extérieure étant de $+1^\circ,7$.

Refroidissement par rayonnement nocturne, observé à l'Antisana.

Le thermomètre à minima a indiqué :

	INDICATION		
1845.	Moyenne.	Maxima.	Minima.
Décembre......	$+1^\circ,8$	$+3^\circ,8$	$-0^\circ,5$
1846.			
Janvier........	+ 2,4	+ 4,5	− 2,5
Février........	+ 1,2	+ 3,5	− 4,5
Mars..........	+ 2,2	+ 3,5	+ 0,5
Avril.........	+ 1,7	+ 4,0	− 0,9
Mai...........	+ 0,4	+ 3,6	− 3,3
Juin..........	− 0,4	+ 3,8	− 6,2
Juillet.........	− 1,4	+ 1,9	− 6,4
Août..........	− 1,6	+ 0,3	− 6,6
Septembre.....	− 2,0	+ 1,3	− 5,6
Octobre.......	− 1,3	+ 1,5	− 5,7
Novembre......	− 0,5	+ 2,4	− 4,0
Décembre......	− 0,4	+ 2,2	− 2,5

L'abaissement de la température par l'effet du rayonnement nocturne explique pourquoi, fréquemment au lever du Soleil, l'herbe de la Métairie est couverte de givre, bien qu'un thermomètre suspendu dans l'air soit à plusieurs degrés au-dessus de 0°.

Pluie recueillie en dix mois à l'Antisana.

1845.	
Décembre	75 mm
1846.	
Janvier	142
Février	101
Mars	133
Avril	213
Mai	219
Juin	272
Juillet	278
Août	382
Septembre	55
	1870

Pour l'année on aurait eu probablement $2^m,24$, à peu près la quantité tombée à Quito. A la métairie d'Antisana, le ciel est généralement nuageux ; on jugera du climat par ce relevé.

En 375 jours on a enregistré :

Jours où il y a eu des brouillards	130
» de la pluie	122
» de la neige	36
» de la grêle	12
» du tonnerre	17
Jours où le ciel a été découvert	34

Ce qui frappe au premier abord, a dit de Humboldt, dans le phénomène des variations barométriques entre les tropiques, « c'est la non-interruption du mouvement

ascendant ou descendant du mercure. Il faut toutefois déterminer le moment où la colonne atteint son minimum et ne change pas sensiblement, et le moment où elle commence de nouveau à monter. Il arrive, comme pour toutes les grandeurs susceptibles d'un maximum et d'un minimum, que l'accroissement et la diminution des marées de l'atmosphère et de l'océan, près des limites extrêmes, sont proportionnels au carré des temps écoulés depuis les époques des maxima et des minima. Le baromètre reste par conséquent stationnaire, en apparence, avant que son mouvement devienne rétrograde. Cet état stationnaire dure plus ou moins longtemps, comme l'état du flux dans la *mer étale*. »

Je cite ce passage de l'illustre voyageur pour rappeler la tendance, bien naturelle d'ailleurs, qu'on avait de considérer les mouvements périodiques du mercure comme l'indice d'une marée accomplie dans l'atmosphère. Ainsi, en 1784, Cotte attribua les variations barométriques constatées à Mexico par le P. Alzate à une cause ayant quelques rapports avec les marées déterminées par la Lune.

Celestino Mutis assurait à de Humboldt que « le baromètre monte et descend le plus dans les quadratures, tandis qu'à l'époque des oppositions et des conjonctions les différences entre les hauteurs de 11^h du soir et 4^h matin deviennent singulièrement petites ».

J'ai entrepris, à Bogota, une série d'observations qui n'a pas confirmé l'assertion de Mutis. Dans les syzygies comme dans les quadratures, et aux heures du passage de la Lune par le méridien, je n'ai pu reconnaître l'influence lunaire sur les hauteurs barométriques, bien que j'aie fait usage d'un instrument accusant des variations de $\frac{1}{20}$ de millimètre. Ce que j'ai reconnu à Bogota, c'est que les hauteurs moyennes mensuelles sont les plus grandes en juin et

juillet, les plus petites en décembre et janvier, lorsque la Terre est le plus rapprochée du Soleil.

Bogota.

Hauteur barométrique moyenne :

Juin	561,57 mm	Janvier...	560,65 mm
Juillet....	561,52	Décembre.	560,22
Moyenne.	561,55	Moyenne.	560,46

Les observations faites dans d'autres localités ont été :

Quito.

Juin	547,35 mm	Janvier...	546,37 mm
Juillet....	547,70	Décembre.	546,62
Moyenne.	547,53	Moyenne.	546,50

Latacunga.

Juin	550,35 mm	Janvier...	550,10 mm
Juillet....	550,37	Décembre.	549,79
Moyenne.	550,36	Moyenne.	549,94

Antisana.

Juin	472,50 mm	Janvier...	471,35 mm
Juillet....	472,42	Décembre.	471,36
Moyenne.	472,46	Moyenne.	471,30

Caracas.

En prenant la moyenne des quatre années d'observations faites par M. Aveledo, on trouve aussi que la hauteur du mercure est plus faible au solstice d'hiver qu'au solstice d'été.

Hauteur barométrique moyenne :

	mm		mm
Juin	684,67	Janvier...	683,85
Juillet....	684,36	Décembre.	684,05
Moyenne.	684,52	Moyenne.	683,94

Mais, en prenant isolément les années 1868 et 1869, on ne trouve plus de différence dans le même sens.

1868.			
	mm		mm
Juin	684,30	Janvier...	684,34
Juillet....	684,17	Décembre.	684,37
Moyenne.	684,24	Moyenne.	684,35
1869.			
	mm		mm
Juin	683,93	Janvier...	684,46
Juillet....	685,24	Décembre.	684,93
Moyenne.	684,59	Moyenne.	684,69

L'observateur hollandais, dont le nom est resté inconnu, terminait sa lettre datée de Surinam, dans laquelle il annonçait la découverte des variations horaires barométriques, par cette phrase : « On désire que les philosophes d'Europe fassent leurs conjectures là-dessus. » Soixante-dix-sept ans plus tard, près de ces mêmes côtes de Surinam, sur les bords de l'Orénoque, de Humboldt disait, non sans une certaine tristesse : « Quant aux conjectures des philosophes d'Europe, que le correspondant du journal

littéraire de la Haye désirait connaître, on ne peut pas en offrir de bien satisfaisantes. »

Aujourd'hui, on pourrait encore reproduire la réflexion de de Humboldt si les philosophes d'Europe n'avaient constaté dans l'atmosphère des phénomènes périodiques analogues à celui accusé par le baromètre et dus peut-être à une même cause : les variations horaires de la déclinaison de l'aiguille aimantée, de l'intensité du magnétisme, de la tension électrique dans l'air.

Résumé des observations barométriques faites dans le voisinage de l'Équateur, entre le 11e *degré de latitude* N. *et le* 5e *degré de latitude* S., *depuis le niveau de la mer jusqu'à l'altitude de* 4300^{m}.

AU NIVEAU DE LA MER.

LOCALITÉS.	TEMPÉRATURES moyennes.	HAUTEURS du mercure dans le baromètre à la température de 0°.	VARIATIONS DIURNES			NOMBRE d'observations.	OBSERVATEURS.	REMARQUES.
			amplitude moyenne.	la plus grande.	la plus petite.			
	°	mm	mm	mm	mm		MM.	
La Guayra	27,6	760,4	2,54	2,89	2,04	12	Boussingault et Rivero.	Sur l'Atlantique.
Cartagena.........	27,9	759,2	2,32	4,80	0,80	27	J. Acosta.	»
Santa-Marta.......	27,9	759,5	2,52	2,67	2,37	2	B. Lœwy.	»
Payta.............	27,1	758,5	2,92	3,78	1,88	4	Duperrey.	Sur l'océan Pacifique.
Payta.............	//	756,6(?)	3,45	3,78	2,83	8	Boussingault.	»
Payta.............	//	759,7	3,08	3,90	2,47	9	De Tessan.	»
Tumaco............	26,5	759,6	1,71	//	//	1	Boussingault.	»
San Buenaventura .	//	758,4	2,64	//	//	1	»	»

Résumé des observations barométriques.

AU-DESSUS DU NIVEAU DE LA MER.

LOCALITÉS.	ALTITUDES.	TEMPÉRATURES moyennes.	HAUTEURS du mercure dans le baromètre à la température de 0°.	VARIATIONS DIURNES			NOMBRE d'observations.	OBSERVATEURS.	REMARQUES.
				amplitude moyenne.	la plus grande.	la plus petite.			
	m	o	mm	mm	mm	mm		MM.	
Caracas............	936	20,4	684,6	2,81	3,23	2,47	8	Boussingault et Rivero.	Venezuela.
Caracas............	//	17,0	//	2,97	4,17	1,65	13	Humboldt.	
La Vittoria.........	561	25,5	713,8	3,30	//	//	1	Boussingault et Rivero.	Venezuela.
Maracay	439	25,5	723,9	4,19	4.87	3,60	5	» »	Près du lac Tacarigua.
San Luis de Cura...	262	27,4	735,6	3,30	//	//	1	Boussingault.	»
Nueva Valencia.....	488	25,8	719,9	3.95	4,31	3,55	3	Boussingault et Rivero.	»
San Carlos.........	169	27,4	745,9	4,36	4,40	4,33	2	Boussingault.	Venezuela.
Tocuyo	629	26,0	708,4	3,43	4,48	2,65	5	»	»
Merida.............	1619	22,0	632,9	1,83	1,97	1,69	2	»	Vallée de Cauca.
Pamplona..........	2311	16,5	583,0	2,13	2,70	1,55	2	»	Cordillère orientale.
Santa Fé de Bogota.	2641	14,5	560,98	2,28	3,58	0,14	348	Boussingault et Rivero.	
»	//	//	//	2,23	3,95	1,31	180	José de Caldas.	
Ubaté	2562	15,5	565,4	2,12	//	//	1	Boussingault.	Plateau de Bogota.

Chiquinquira.......	2597	17,2	564,3	1,67	//	//	1	»	»
Velez..............	2198	20,5	591,9	2,14	//	//	1	»	Socorro.
Honda..............	270	27,9	738,3	4,26	4,61	3,94	3	»	Vallée de la Magdalena.
»	//	//	738,9	4,75	5,03	4,48	2	Lœwy.	»
Tocayma............	455	28,1	722,6	3,71	//	//	1	Boussingault.	»
Ibagué.............	1323	21,8	654,5	3,10	3,95	2,31	12	»	»
Antioquia..........	629	26,0	708,2	4,40	//	//	1	»	Rio Cauca.
Rio Negro.	2126	17,0	595,3	3,97	4,72	3,47	8	»	Vallée de Cauca.
Sonson.............	2535	14,0	567,3	1,32	1,67	0,76	5	»	Province d'Antioquia.
Rodeo près Marmato.	1709	19,5	626,1	2,75	3,23	1,45	16	»	Près Supia.
Marmato............	1567	20,4	646,5	3,59	4,25	3,10	9	»	Casa del Director.
Rio Sucio..........	1818	19,3	618,3	2,64	3,05	2,29	12	»	Vallée du Cauca.
Cartago............	978	24,5	681,9	4,17	5,92	2,33	7	»	»
Popayan............	1809	18,9	623,1	3,71	//	//	1	»	»
Anserma Nuevo	1050	26,4	674,8	3,00	3,79	2,22	2	»	»
San Martin.........	432	27,5	7240,	3,25	4,29	2,76	3	Boussingault et Rivero.	Llanos E. de Bogota.
Marayal............	236	32,7	741,3	4,69	//	//	1	Boussingault.	Rio Meta.
Cariben............	//	32,6	754,6	3,88	//	//	1	Rivero et Roulin.	Orénoque.
Pasto..............	2610	14,0	565,4	1,67	//	//	1	Boussingault.	
Novita.............	180	26,5	745,1	3,19	3,38	3,00	2	»	Choco, rio San Juan.
Quito..............	2910	15,2	546,0	1,56	3,83	0,45	16	»	
»	//	//	//	2,10	3,46	0,96	279	Aguirre.	
Latacunga..........	2860	13,3	550,13	2,77	3,88	2,28	365	Cassola.	Au sud de Quito.
Métairie d'Antisana.	4072	4,4	472,8	1,04	//	//	1	Boussingault.	A la base du volcan.
»	//	//	471,3	0,52	1,65	0,10	374	Aguirre.	»

L'ensemble de ces observations montre combien, dans la région équinoxiale, les oscillations de la colonne barométrique sont peu étendues et les variations diurnes régulières. L'état de l'atmosphère ne semble pas exercer d'influence sensible sur la pression. Il en est tout autrement en dehors des tropiques et, pour mettre en évidence les variations périodiques dont l'amplitude décroît à mesure qu'on s'éloigne de la ligne équinoxiale, il faut un laps de temps assez prolongé. Ainsi, d'après Kaemtz, en adoptant pour la variation diurne à l'équateur $2^{mm},7$, on aurait :

	mm
Pour une latitude nord de 41°............	1,0
Pour la latitude nord de 50............	0,8
Pour la latitude nord de 60............	0,3

Cette diminution d'amplitude, on la constate aussi sous l'équateur; mais c'est en s'élevant au-dessus du niveau des mers. En d'autres termes, l'amplitude décroît avec la hauteur de la station.

Par exemple, en portant le baromètre dans la Cordillère, on voit que la variation est la suivante :

	mm
Entre l'altitude de 0^m et 1000^m........	3,4
Eutre l'altitude de 1000^m et 2000^m.....	2,9
Entre l'altitude de 2000^m et 3000^m.....	2,2
A l'altitude de 4000^m.................	1,05

Au reste, on a pu voir, dans le Tableau résumant les observations faites dans les Andes, combien les influences locales contribuent à en modifier l'étendue; ainsi, sur les côtes, elle est en moyenne d'environ $2^{mm},6$, tandis qu'elle atteint $4^{mm},11$ dans l'intérieur des terres, à des altitudes ne dépassant pas 440^m. La diminution ne commence à s'accentuer qu'entre 1000^m et 2000^m, et elle est de plus en plus manifeste à mesure qu'on s'élève. Il y a cette analogie avec ce que l'on reconnaît dans les localités éloignées de l'équa-

teur que, dans les deux cas, la diminution dans l'amplitude de la variation périodique du baromètre répond à une diminution dans la température de l'atmosphère et surtout dans ses variations extrêmes. Ainsi, dans les régions équatoriales, la température, à peu près constante, est :

Au niveau des mers	28°
A 1000m	24
A 1500m	20
A 2000m	18
A 2500m	15
A 3000m	13
A 4000m	5 à 6

Il en est tout autrement dans les latitudes élevées. En prenant au hasard quelques-unes des données rassemblées dans le grand travail de Humboldt sur les lignes isothermes, on trouve pour l'hémisphère boréal :

Latitude.	Température de l'hiver.	Température de l'été.
41°	−4°	+21°
50	−3	+19
60	−6	+15

En Europe, la pression barométrique est surtout influencée par l'intensité et la direction des vents. Généralement la colonne de mercure monte quand le vent souffle entre l'est et le nord ; elle descend par un vent venant d'un point compris entre le sud et l'ouest. Il y a sans doute d'assez fréquentes anomalies, mais le plus ordinairement le baromètre est à son maximum quand le vent du nord souffle de l'intérieur des continents et à son minimum lorsqu'il vient du sud après avoir traversé les mers. Aussi la pression atmosphérique est-elle forte avec les vents froids, faible avec les vents tièdes, et, comme le fait remarquer Kaemtz, lorsque l'air est refroidi par les vents du nord, il

se contracte, les limites de l'atmosphère s'abaissent et l'air chaud afflue de tous les côtés : de là l'ascension du baromètre. Au contraire, l'air est-il réchauffé par les vents du sud, il s'élève et s'épanche dans toutes les directions.

Entre les tropiques, c'est à l'uniformité de la température qu'il convient d'attribuer la marche si régulière du baromètre, et, au delà de l'équateur, c'est dans les fréquents changements de température et les grandes perturbations atmosphériques qui en sont la conséquence qu'il faut voir la cause de la marche irrégulière de cet instrument.

On a reconnu qu'à de très grandes altitudes, sur les plateaux de Bogota, de Quito, la colonne barométrique varie très peu, ainsi que la température. Il en est de même au niveau de l'Océan. Voici, par exemple, les hauteurs du mercure recueillies à Pernambuco, sur la côte du Pacifique, par 8°3′ de latitude sud, où l'on a fait, de 1842 à 1844, douze mois d'observations [1] :

Dates.		Moyennne. Baromètre à 0°.	Moyennne. Température de l'air.
		mm	°
1842.	Août	763,0	25,8
	Septembre	762,5	25,3
	Octobre	761,1	26,2
	Novembre	760,1	26,6
	Décembre	760,0	26,5
1842.	Janvier	760,2	25,1
1844.	Juin	761,4	26,3
	Juillet	762,7	25,8
	Août	762,7	26,0
	Septembre	762,1	26,1
	Octobre	761,9	26,9
	Novembre	759,7	27,7

[1] Le baromètre était placé dans le fort Picaon. L'instrument n'avait pas été comparé au baromètre d'un observatoire d'Europe. Il est vraisemblable qu'il donne des hauteurs trop fortes.

On voit que la hauteur barométrique mensuelle a aussi peu varié que la moyenne thermométrique : c'est précisément ce qui a lieu dans les régions tempérées et froides des Cordillères. Il en est tout autrement hors des régions tropicales. Là, dans le cours d'une année, les oscillations du baromètre sont très étendues, ainsi que les différences de température. Ainsi, à Paris, dans l'espace de soixante ans, de 1806 à 1870, on a eu pour la température moyenne des mois :

Dates.	Température.
	°
Janvier	2,4
Février	4,5
Mars	6,4
Avril	10,1
Mai	14,2
Juin	17.2
Juillet	18,9
Août	18,5
Septembre	15,7
Octobre	11,3
Novembre	6,5
Décembre	3,7

Depuis le commencement du siècle jusqu'en 1871 :

La température la plus élevée a été enregistrée le 31 juillet 1803, soit	+ 36°,7,
La température la plus basse le 9 décembre 1871, soit	— 21,3

Dans la proximité de l'équateur, soit au niveau de la mer, soit à de grandes altitudes, la moyenne des mois diffère à peine de 2° à 3°.

C'est sans doute à cette uniformité qu'on doit attribuer la faiblesse des changements dans la pression de l'air des régions équinoxiales; l'atmosphère n'y éprouve que rarement de fortes perturbations; aussi les phénomènes météo-

rologiques y sont-ils d'une étonnante régularité; les orages, les chutes de grêle, dans une localité, se manifestent à l'approche du Soleil vers le zénith; à une saison pluvieuse succède une saison sèche. Sur le sommet des Andes, des neiges sporadiques descendent momentanément au-dessous de la limite inférieure des neiges éternelles. Des vents impétueux, les *paramos,* soufflent périodiquement sur les plateaux élevés. Les quantités annuelles de pluie sont presque toujours les mêmes; la configuration du sol influe surtout sur leur abondance ou sur leur rareté. Ainsi, dans les forêts du Choco, sillonnées de nombreux cours d'eau, il pleut pour ainsi dire sans interruption. C'est que les vents de l'océan Pacifique, barrés par la chaîne occidentale des Andes, abandonnent la vapeur qu'ils contiennent en se refroidissant avant d'en atteindre le sommet. Sur le littoral du Pacifique, la pluie est pour ainsi dire inconnue; sa rareté est attribuée à la permanence des vents sud-sud-est. Sur cette côte péruvienne, on n'entend pas le bruit du tonnerre. Lorsque le vent des régions australes est remplacé par un vent du nord, de juillet à novembre, le ciel est voilé par un épais brouillard qui se résout en bruine, mouillant la terre à la manière de la rosée.

Ces phénomènes dépendent donc de la configuration topographique de la contrée ou de la position que le Soleil occupe dans l'écliptique; ils s'accomplissent sans amener de perturbations capables de masquer les variations du baromètre. Aussi cet instrument cesse-t-il, entre les tropiques, d'être un indicateur des changements de temps, car, ainsi que l'a dit Thibaut de Chanvalon : « Les révolutions les plus considérables de l'atmosphère n'en altèrent pas la marche; pendant les pluies abondantes, les vents, les orages, le mercure monte ou descend, si c'est son heure de monter ou de descendre, comme si tout était tranquille dans l'air. »

Ce que ces résultats ont de frappant, c'est la constance

de la température et de la pression, que ne troublent pas les variations les plus extrêmes qui surviennent dans les latitudes élevées. A ce point de vue, il est curieux de comparer les températures observées entre les tropiques aux températures minima et maxima en Europe dans les mêmes années.

	Dates.		Température.
			°
La Guayra.	1822.	Décembre	27,6
Cartagena.	1831.	Janvier	27,9
Santa-Marta.	1848.	Mars	28,5
Payta.	1823.	Mars	28,0
Payta.	1832.	Janvier	27,3
Caracas.	1799.	Décembre	21,5
Caracas.	1822.	Décembre	20,7

Observatoire de Paris.

Dates.	Température.	Dates.	Température.
	°		°
1822. Décembre	—14,6	Août	+33,8
1831. Janvier	— 6,7	Juillet	+29,5
1848. Mars	— 9,7	Juillet	+35,0
1823. Mars	— 4,8	Août	+31,3
1832. Janvier	— 8,5	Août	+35,0
1799. Décembre	—13,1	Août	+30,0
1822. Décembre	— 8,8	Août	+31,3

			Paris. Température	
	Dates.	Moyennes mensuelles.	minima.	maxima.
		°	°	°
Bogota.	1823-1824	14,5	—10,0	+33,2
Quito.	1846	15,0	—14,7	+36,0
Latacunga.	1857	13,3	— 6,6	+36,2
Antisana.	1846	5,2	—14,7	+36,0

Si l'on compare les températures moyennes des mois à

celles de Paris, pour les stations de Bogota et d'Antisana, on a :

	Bogota. 1823-1824.	Paris. 1823-1824.
	°	°
Janvier	14,2	3,1
Février	14,7	4,6
Mars	14,5	5,4
Avril	14,7	9,1
Mai	14,9	13,8
Juin	14,8	15,6
Juillet	13,9	17,1
Août	14,2	18,7
Septembre	14,3	15,7
Octobre	14,5	10,7
Novembre	14,7	7,6
Décembre	13,9	6,3

	Antisana. 1846.	Paris. 1846.
	°	°
Janvier	6,5	2,4
Février	5,6	3,1
Mars	5,9	5,7
Avril	6,3	10,0
Mai	5,7	13,8
Juin	5,0	21,0
Juillet	3,5	20,8
Août	3,4	20,5
Septembre	4,1	17,7
Octobre	5,3	11,7
Novembre	5,7	6,0
Décembre	5,4	0,3

Les températures moyennes mensuelles de Bogota et d'Antisana n'ont pas été influencées par les températures moyennes mensuelles de l'observatoire. Cependant, à

Paris, dans le cours de l'année, le thermomètre y a éprouvé des variations considérables :

		Température la plus haute.		Température la plus basse.
1823.	26 août.....	+31°,3	14 janvier....	—14°,6
1824.	14 juillet....	+35,2	14 janvier....	— 4,8
1846.	5 juillet....	+35,9	19 décembre...	—14,7

SUR

LA COMPOSITION DU LAIT

DE L'ARBRE DE LA VACHE.

Je me propose de revenir sur un travail que j'ai fait autrefois. Il s'agit d'un suc végétal que l'on considère, dans l'Amérique méridionale, comme un aliment salutaire, et qu'Alexandre de Humboldt me recommanda de soumettre à un examen chimique. L'illustre voyageur ajoutait que, parmi le grand nombre de phénomènes curieux qu'il avait observés, il en était peu qui frappèrent aussi vivement son imagination que celui d'un arbre donnant en abondance un lait rappelant par ses propriétés celui des animaux.

L'arbre de la vache (*palo de leche*) a le port du Caïmitier; il atteint une hauteur de 15 à 20 mètres. Ses feuilles sont oblongues, alternes, terminées par des pointes coriaces. Lorsqu'on fait une incision sur le tronc, il en sort un liquide blanc visqueux, d'une saveur agréable.

C'est sur le versant de la chaîne côtière du Vénézuéla, au-dessus de Ocumare, que M. de Rivero et moi nous vîmes l'arbre à lait, le *Brosimum galactodendron*, d'après le savant botaniste M. S. Linden.

Nous nous étions établis dans la petite ville de Maracay, près du lac d'eau douce de Tacarigua, pour en fixer la position, et particulièrement pour contrôler, par des observations de satellites de Jupiter et des distances lu-

naires, la longitude chronométrique obtenue en transportant le temps de la Guayra dans la vallée d'Aragua.

Chaque jour, des Indiens nous apportaient du lait végétal; nous pûmes essayer d'en déterminer la composition, et aussi les propriétés nutritives; car, pendant plus d'un mois, nous en avons pris en le mêlant à du café ou à du chocolat.

J'eus une seconde fois l'occasion de rencontrer le *palo de leche* dans une circonstance singulière.

La guerre de l'Indépendance touchait à sa fin. La forteresse de Puerto Cabello était le seul point encore au pouvoir des Espagnols sur les côtes de la mer des Antilles; l'armée américaine en faisait le blocus. Ayant à visiter les postes répartis sur le versant méridional de la Cordillère littorale, je partis des eaux thermales de las Trincheras. Parvenu au torrent de Naguanagua, je rencontrai quelques soldats portant des bidons. Je supposais que ces hommes allaient chercher de l'eau, mais les ayant vus passer le Naguanagua sans s'y arrêter, je leur demandai où ils allaient. Un d'eux répondit qu'ils allaient traire l'arbre. D'abord je ne compris pas, néanmoins je les suivis.

Après nous être élevés de 500 à 600 mètres, nous nous trouvions au milieu d'une forêt où abondaient de magnifiques *Brosimum galactodendron*, dont les racines rampantes couvraient la surface du sol. La température de l'air était de 20 à 22 degrés. Aussitôt arrivés, les soldats pratiquèrent, à coups de sabre, de nombreuses incisions pour faire jaillir du lait; en moins de deux heures, les bidons étant remplis, on reprit le chemin du campement.

La station où nous étions n'est pas éloignée de la ferme (*hacienda*) de Barbula, où de Humboldt vit les nègres de la plantation recueillir du lait végétal pour y tremper leur galette de cassave ou de maïs. Le majordome affirmait que les esclaves engraissaient par ce régime. Dans

la matinée, les Indiens du voisinage recevaient aussi du lait dans des calebasses; les uns le buvaient sur place, les autres le portaient à leurs enfants; on croyait voir, dit Humboldt, un pâtre distribuant à la famille le lait de son troupeau.

Le *B. galactodendron* est fort répandu dans les régions intertropicales. Dans sa description des Indes occidentales, Lœt l'avait déjà signalé dans la province de Cumana. M. Linden l'a vu dans les montagnes dominant Maracaïbo; A. Goudot dans la Sierra de Ocaña, là où il découvrit la belle variété de cacao montaraz; on le rencontre aussi à l'est de Quito, dans les forêts traversées par le Napo et l'Ucayali, rivières tributaires des Amazones. Les missionnaires le nomment *Sandis*.

En comparant ces stations des régions chaudes à celle de la zone tempérée de la chaîne côtière de Venezuela, on voit que le *B. galactodendron* peut exister près de l'Équateur à des altitudes comprises entre 200 et 1000 mètres, c'est-à-dire à des températures moyennes de 20 à 27 degrés.

Le lait qu'on en tire par incision est beaucoup plus consistant que le lait de vache, sa réaction faiblement acide; exposé à l'air, il s'aigrit en laissant déposer un volumineux coagulum, une sorte de fromage. Je n'ai pas à revenir sur les expériences bien incomplètes faites autrefois à Maracay; il suffira de rappeler ce que nous avons constaté alors dans le lait de l'arbre de la vache :

1° Une substance grasse semblable à la cire d'abeilles, fusible à 50 degrés, se dissolvant en partie dans les liqueurs alcalines, où elle paraît former un savon; très-soluble dans l'éther, peu soluble dans l'alcool bouillant. Cette matière, formée probablement de plusieurs principes, acquiert, après avoir été fondue et refroidie, l'apparence de la cire vierge; j'ajouterai que nous en avons fait des bougies.

2° Une substance azotée analogue au caséum, à structure fibreuse, rappelant la fibrine végétale que Vauquelin venait de reconnaître dans le suc du *Carica papaya*.

3° Des matières sucrées qu'il ne nous fut pas possible de caractériser.

4° Des sels de potasse, de chaux, de magnésie, des phosphates.

Quant à la quantité de matières fixes, nous l'avons estimée, à Maracay, à 42 pour 100 du lait venant de la forêt de Periquito.

Pendant longtemps j'ai regretté de n'avoir pu déterminer la nature des matières sucrées que nous n'avions fait qu'apercevoir. C'était une lacune que A. Goudot permit de combler en m'envoyant un extrait du lait végétal qu'il avait obtenu par une évaporation au bain-marie. Je dois aussi ajouter que j'ai eu le bonheur de rencontrer, dans les objets intéressants présentés à l'Exposition internationale par le gouvernement de Venezuela, plusieurs flacons de lait de l'arbre de la vache, que M. Vicente Marcano s'empressa de mettre à ma disposition. J'ai pu ainsi continuer des recherches commencées à une époque déjà bien éloignée et dont voici les résultats.

Dans 100 parties d'extrait du suc laiteux obtenu dans des conditions où il n'y avait pas eu de fermentation, on a dosé :

Cire, matières grasses	84,10
Sucre interverti, réducteur	2,00
Sucre interversible	1,40
Gomme facilement saccharifiable	3,15
Caséum, albumine	4,00
Cendres alcalines, phosphates	1,10
Substances non azotées indéterminées	4,25
	100,00

Rapportant à 100 de suc laiteux contenant 42 de matières fixes, on a :

Cire et matière résineuse	35,2	
Substances sucrées et analogues	2,8	
Caséum, albumine	1,7	4,0
Terres, alcalis, phosphates	0,5	
Substances indéterminées	1,8	
Eau	58,0	
	100,0	

Le lait végétal se rapproche certainement, par sa constitution générale, du lait de vache, en ce sens qu'il renferme un corps gras, des matières sucrées, du caséum et de l'albumine, des phosphates.

Mais les proportions de ces substances sont bien différentes; la somme des matières fixes est trois fois plus forte que celles entrant dans la composition du lait; aussi est-ce à la crème qu'il convient de comparer le lait végétal. Par exemple, dans une crème douce analysée par M. Jeannier, il y avait pour 100 :

Beurre	34,3
Sucre de lait	4,0
Caséum et phosphates	3,5
Eau	58,2
	100,0

Le beurre s'y rencontre à peu près dans la même proportion que la matière cireuse dans le lait du *B. galactodendron*. Les matières fixes sont les mêmes à fort peu près.

Cette analogie de constitution explique les propriétés nutritives, bien constatées d'ailleurs, du lait ou plutôt de la crème végétale.

LES SOURCES THERMALES

DE LA

CHAINE DU LITTORAL DU VENEZUELA

(AMÉRIQUE MÉRIDIONALE).

La chaîne littorale s'étend, à l'ouest, depuis le cerro de Avila jusqu'à Nueva Valencia, où elle se confond avec une ramification de la Cordillère orientale des Andes. Parallèlement, une ligne de montagnes peu élevées limite au sud les plaines de l'Apure et de l'Orénoque. C'est à partir du groupe de collines de Higuerote que commencent les vallées d'Aragua, dont les eaux, n'ayant pas d'issue vers la mer, forment le grand lac de Tacarigua.

Le massif du littoral est constitué par le granit et le gneiss; on y connaît plusieurs sources thermales, dont les plus importantes par leur abondance et leur température sont celles d'Onoto, de Mariara, près de la ville de Maracay, et de las Trincheras, située à peu de distance de Valencia.

I. *Sources d'Onoto* (altitude 696^{m}). — L'eau sort du gneiss de trois bassins placés au même niveau et donne naissance au ruisseau de Aguas Calientes. J'ai trouvé la température de 44°, 5, un thermomètre à l'ombre marquant 30°.

L'eau n'avait pas d'odeur; les réactifs n'y occasionnèrent aucun précipité; 1^{lit}, évaporé à siccité, laissa un faible résidu siliceux ayant une réaction alcaline.

Du fond des bassins s'élevaient, par intermittences, des bulles de gaz azote. Le terrain environnant les sources est

couvert de blocs de roches évidemment détachés du sommet de la Cordillère. Un de ces blocs granitiques, de forme hémisphérique, avait 9^{m} de circonférence ; des fragments de gneiss, riches en grenat, sont épars dans la savane ; au sitio del cerro de la Preñada, cette roche, en place, renferme des amas d'un calcaire blanc saccharoïde.

II. *Sources de Mariara* (altitude 553^{m}). — Ces sources sont à quelques milles au nord-est de Maracay, près du hameau de Mariara, dans une sorte d'amphithéâtre en granit renfermant de longs cristaux de feldspath, mêlés à des lamelles de mica argentin ; la roche est liée au gneiss et à un micaschiste abondant en grenats. Les pics dentelés, de formes bizarres, qui terminent le granit donnent un aspect singulier, on pourrait dire lugubre, à la localité nommée le Coin du Diable (Rincon del Diablo).

C'est dans cette enceinte que de plusieurs cavités surgit de l'eau à une température de 36° à 60° ; son régime est assez fort pour donner naissance à la rivière de Aguas tibias. L'eau la plus chaude sort à la partie inférieure ; le thermomètre s'y maintient à 64° ; quand on vient de la recueillir, elle possède une odeur d'acide sulfhydrique, qui se dissipe par le refroidissement au contact de l'air. Les réactifs y indiquent des traces de sulfates et de carbonates ; évaporée, elle laisse un résidu siliceux ramenant au bleu le tournesol rougi par un acide. Du fond des *posos* d'où les sources apparaissent on voit sortir, toutes les deux ou trois minutes, une série de bulles de gaz azote.

L'eau de Mariara diffère donc de celle d'Onoto par une température notablement plus élevée, par la présence de l'acide sulfhydrique et, je dois ajouter, par ce fait curieux qu'il s'y développe, malgré une chaleur de 50° à 60°, deux plantes aquatiques, signalées par de Humboldt, l'une membraneuse, l'autre à fibres parallèles. La première rappelle l'*Ulva labyrinthiforma* de Vandelli, qu'on rencontre dans des sources chaudes de l'Europe.

III. *Sources de las Trincheras, près Nueva Valencia.*— Le lac de Tacarigua, dans la belle et fertile vallée d'Aragua, a 10 lieues de longueur sur une largeur moyenne de 2 lieues; sa profondeur varie de 18^{m} à 24^{m}. En février, sa température, prise à la surface, était de 24°. On peut adopter pour l'altitude 539^{m}; c'est celle que j'ai trouvée à Maracay, bâtie sur la plage septentrionale. On y voit de nombreux îlots de gneiss, dont quelques-uns sont habités et couverts d'une vigoureuse végétation.

La ville de Nueva Valencia, peu éloignée des thermes de las Trincheras, est à 5^{km} à l'ouest du lac; elle fut fondée en 1536. Avant d'atteindre l'état prospère que lui procure la culture du cotonnier et de l'indigotier, Valencia eut à subir de rudes épreuves, dont quelques-unes appartiennent aux épisodes les plus dramatiques et les plus terribles de la conquête. Qu'il me soit permis de les rappeler ici, d'après Oviedo ([1]).

Un caballero biscayen, Lopes de Aguirre, issu de parents pauvres, mais nobles, passa en Amérique pour, suivant son expression, y « travailler la lance à la main ». Après avoir fait la guerre dans le Pérou, il descendit le Maragnon, parvint à l'île de Margarita, et de là, par le port de Barbaruta, pénétra dans la vallée d'Aragua. A son approche, tous les habitants de Valencia s'empressèrent de se retirer dans les îles du lac Tacarigua, emmenant avec eux toutes les embarcations du rivage.

En entrant à Valencia, le tyran Lopes proclama l'indépendance du pays et la déchéance de Philippe II. C'est de cette ville qu'il adressa cette fameuse lettre au roi d'Espagne qui, dit de Humboldt, peint avec une effrayante vérité les mœurs de la soldatesque au XVIe siècle. Lopes se vante tour à tour de ses crimes et de sa piété ([2]).

([1]) Oviedo, *Historia de la provincia del Venezuela.*

([2]) Humboldt, *Relation historique du voyage aux régions équinoxiales*, t. V, p. 234.

Voici quelques passages de cette lettre, imprimée pour la première fois en 1723 :

.... Nous ne nous regardons plus comme Espagnols : nous te faisons une guerre cruelle, parce que nous ne voulons pas endurer l'oppression de tes ministres. Je suis boiteux du pied gauche par deux coups d'arquebuse que je reçus dans la vallée de Coquimbo, combattant sous les ordres de ton maréchal, Alonzo de Alvarado, contre François Hernandez de Giron, rebelle alors comme je le suis à présent et le serai pour toujours, car depuis que ton vice-roi, le marquis de Cañete, fit pendre nos plus vaillants guerriers, je ne fais pas plus de cas de tes pardons que des livres de Martin Luther.... J'ai la certitude que peu de rois vont au ciel ; aussi, nous autres, nous nous regardons comme très heureux de nous trouver ici, aux Indes, conservant dans toute leur pureté les mandements de Dieu....

.... En sortant de la rivière des Amazones, nous débarquâmes dans une île qu'on nomme la *Margarita*. C'est là que nous reçûmes d'Espagne la nouvelle de la grande faction des luthériens. Cette nouvelle nous fit grand'peur. Nous trouvâmes parmi nous un de cette faction ; son nom était Monte Verde. Je le fis mettre en pièces comme de droit ; car crois-moi, seigneur, que partout où je suis on vit suivant la loi....

En 1559, le marquis de Cañete envoya à l'Amazone Pedro de Ursua, Navarrois ; nous naviguâmes sur les plus grandes rivières du Pérou.... Nous avions déjà fait 300 lieues lorsque nous tuâmes ce mauvais et ambitieux capitaine. Nous choisîmes pour roi un cavallero de Séville, Fernand de Gusman, et nous lui jurâmes fidélité. On me nomma son maître de camp, et, parce que je résistais à ses volontés, on voulut me tuer ; mais, moi, je tuai le nouveau roi, son capitaine des gardes, son lieutenant général, son chapelain, une femme, un chevalier de l'île de Rhodes, deux enseignes et cinq ou six domestiques du prétendu roi.... Je nommai des capitaines et des sergents ; ils voulurent me tuer, mais je les fis pendre tous. C'est au milieu de ces aventures que nous naviguâmes onze mois jusqu'à l'embouchure de la rivière. Nous fîmes plus de 1500 lieues. Dieu sait comment nous sommes sortis de cette grande masse d'eau !

Lopes de Aguirre, abandonné des siens, fut tué à Barquisimeto. Au moment de succomber, il plongea le poignard dans le sein de sa fille unique, pour qu'elle n'eût pas à rougir du nom de la fille d'un traître.

Dans la croyance des indigènes, l'âme du tyran erre dans les savanes comme une flamme fuyant l'approche des hommes [1]. Ce sont des feux rougeâtres, mobiles, des éclairs sans tonnerre que j'ai pu observer durant des nuits sereines sur les pentes de la Sierra Nevada de Merida, dans la direction du golfe ou sac de Maracaïbo.

En 1578, Valencia courut un nouveau danger : ce fut l'incursion des Caribes de l'Orénoque. Cette horde anthropophage traversa les plaines en remontant les rives du rio Guarico, et parvint jusqu'au lac de Tacarigua ; heureusement elle fut repoussée par la valeur du capitaine Garis Gonzalès. Les descendants de ces mêmes Caribes vivent actuellement dans les missions comme de paisibles cultivateurs.

Enfin, un siècle plus tard, en 1678, des flibustiers français saccagèrent Nueva Valencia, après avoir pénétré dans la vallée d'Aragua par l'ouverture (*abra*) que présente la chaîne granitique du littoral. C'est le chemin de Puerto Cabello. On monte d'abord une pente douce jusqu'à proximité de la ferme de Barbula, où est l'arête de partage ; c'est dans un ravin que se trouvent les sources de las Trincheras, aussi remarquables par leur température élevée que par leur abondance. Le nom de las Trincheras vient des fortifications que construisirent les flibustiers. La position était bien choisie. En cas d'une défaite essuyée dans la vallée d'Aragua, la retraite vers la mer était assurée. Un examen attentif montre que les travaux avaient été exécutés avec intelligence. Nul doute que, comme moyen de défense, les aventuriers pouvaient lancer sur les assaillants des masses d'eau bouillante.

---

(1) HUMBOLDT, *Relation historique*, t. V, p. 235.

Les sources forment un ruisseau de 5^m à 6^m de largeur sur une profondeur de $0^m,50$; c'est le rio de Aguas Calientes. L'eau chaude jaillit à une cinquantaine de mètres au-dessus du ravin, de deux cavités ouvertes dans le granit et du fond desquelles, de temps en temps, sortent des bulles d'azote.

Dans l'un des bassins j'ai trouvé pour la température 92°,2, dans l'autre 96°,9.

Après les sources d'Urijino, au Japon, qu'on assure débiter de l'eau pure à 100°, celles de las Trincheras seraient les plus chaudes du monde.

L'eau est douée d'une odeur très prononcée d'acide sulfhydrique, qu'elle conserve quand elle est refroidie en vase clos, mais qu'elle perd en se refroidissant à l'air libre; ainsi refroidie, elle est sans saveur; les réactifs y accusent de faibles proportions de chlorures et de sulfates; en l'évaporant, on en retire un résidu de silice à réaction alcaline.

Avec les moyens dont je disposais, je dus me borner à ces quelques essais, en regrettant de ne pouvoir faire l'analyse complète d'une source aussi remarquable, apportant de l'intérieur de la Terre, comme toutes les sources thermales, des substances utiles aux organismes qui vivent à la surface du globe; aussi ce fut avec une bien vive satisfaction qu'en 1878, lors de l'Exposition internationale, je découvris, parmi les intéressants produits venus de Venezuela, un flacon contenant une dizaine de litres d'eau de las Trincheras, que le commissaire de la république américaine, qui est un chimiste distingué, M. Marcano, s'empressa de mettre à ma disposition.

L'eau était bien conservée, à en juger par le gaz sulfhydrique qu'elle tenait en dissolution; elle était limpide, reposant sur un faible sédiment floconneux, d'une teinte jaunâtre [1].

---

[1] Il y aurait à examiner ce sédiment, dans lequel on rencontrerait probablement des substances que ne contenait pas l'eau limpide.

Voici le résultat de l'analyse exécutée dans mon laboratoire du Conservatoire des Arts et Métiers, et rapporté à 1lit de liquide :

	gr		gr
Chlore............	0,058	Lithine..........	traces.
Acide sulfurique.....	0,034	Silice............	0,127
Acide borique.......	0,000	Oxyde de fer......	0,012
Soude............	0,066	Acides sulfhydrique,	
Potasse............	0,014	carbonique......	indéterm.
Chaux............	0,013	Oxyde de cuivre...	0,000
Magnésie..........	0,006	Arsenic..........	0,000

La silice soluble est relativement en assez forte proportion. Cette proportion dépasse celle que l'on trouve dans les eaux de Plombières, de Carlsbad et d'Aix-la-Chapelle. C'est, sous le rapport de la teneur en acide silicique, avec l'eau des geysers d'Islande que la source de las Trincheras offre le plus d'analogie; comme ces eaux, elle dépose des concrétions siliceuses, aux points d'émission.

L'absence du cuivre a été admise, après avoir employé pour le découvrir les procédés les plus délicats de l'électrolyse, et c'est à M. L'Hôte, dont l'habileté comme analyste est bien connue de l'Académie, qu'avait été confiée la recherche de l'arsenic.

J'ai été surpris qu'une source thermale aussi abondante, placée à proximité d'une assez nombreuse population, ne fût pas fréquentée par des malades : est-ce parce que, à l'époque où je m'y trouvais, il n'y avait pas dans la contrée de médecins qui pussent en recommander l'usage?

Lorsque je me rendis de Nueva Valencia à las Trincheras, Puerto Cabello était encore au pouvoir des Espagnols; le général Paez en faisait le blocus; l'ennemi, à court de vivres, exécutait de fréquentes sorties pour s'en procurer; dans cet état de guerre, je jugeai prudent de ne pas emporter mon baromètre, instrument précieux construit par Fortin, qu'Arago avait comparé au baromètre de

l'Observatoire, et qui aurait pu être endommagé dans un engagement.

Je déterminai l'altitude par l'ébullition de l'eau; je trouvai que les sources devaient être élevées de 300^{m} à 350^{m} au-dessus de la mer.

Je mets en regard l'élévation des sources et leur température :

	Altitude.	Température.
Onoto..........	696^{m}	44°,5
Mariara.........	553	64,0
Trincheras......	300 à 350	96,9

Ces sources sortent de la même roche, d'un même massif de montagnes et dans un périmètre limité; ce qu'elles présentent de curieux, c'est que, en partant du haut vers le bas, l'accroissement de leur température serait proportionnel à la différence en altitude : 1° d'augmentation de chaleur pour une différence de niveau de 6^{m} à 7^{m}.

SUR LES MATIÈRES SUCRÉES

CONTENUES DANS

LE FRUIT DU CAFÉIER.

La baie ou cerise du caféier a la grosseur d'une merise; à l'état de maturité elle est rouge; sa pulpe, jaunâtre, possède une saveur légèrement sucrée. Chaque fruit renferme deux coques ellipsoïdes, presque rondes, planes d'un côté, accolées par leurs faces aplaties et enveloppées de deux minces tuniques. L'épaisseur de la pulpe comprise entre l'épiderme et la graine est très faible; on en jugera par les dimensions prises sur une cerise de forme à peu près ovoïde: grand axe, $0^{m},015$ à $0^{m},016$; petit axe, $0^{m},012$. L'épaisseur de la couche charnue a varié de $0^{m},002$ à $0^{m},003$.

Dans les plantations du Venezuela, lorsque je les visitai, on dégageait les graines de café du fruit en désagrégeant la pulpe. A cet effet, les fruits étaient étendus sur une aire légèrement inclinée. La fermentation avait lieu presque immédiatement en répandant une odeur vineuse. Le suc fermenté s'écoulait ou se desséchait. Après quelques jours d'insolation, les fruits secs étaient soumis à deux triturations : la première pour obtenir le grain, la seconde à l'effet d'en briser l'enveloppe coriace pour le décortiquer.

Dans mes notes, je lis que 1^{hlit} de cerises rend de 35^{kg} à 40^{kg} de café marchand.

Durant mon séjour dans les vallées d'Aragua, à Maracay, j'avais reconnu dans le fruit du caféier plusieurs sucres,

dont il restait à spécifier la nature; mais les moyens dont je disposais et aussi l'état de nos connaissances ne me permirent pas alors de continuer des recherches qui seraient restées inachevées, si, à ma prière, l'empereur du Brésil, auquel on ne s'adresse jamais en vain lorsqu'il s'agit de l'intérêt des sciences, ne m'eût fait parvenir, par l'intermédiaire de notre éminent et regretté confrère le général Morin, des cerises de caféier mises dans l'alcool immédiatement après la cueillette. Ces fruits parvinrent au Conservatoire des Arts et Métiers en septembre 1879.

De l'une des dames-jeannes on retira :

A. Alcool dans lequel les fruits avaient séjourné.	6^{kg},400
B. Fruits imbibés d'alcool	9^{kg},030

A. L'alcool A, d'une teinte ambrée, d'une saveur légèrement sucrée, laissant un arrière-goût amer, ayant une réaction acide, a été distillé dans le vide jusqu'à réduction au volume de 1^{lit}. C'est dans ce résidu de la distillation qu'on a dosé les matières sucrées que l'alcool avait dissoutes, après un traitement préalable par le sous-acétate de plomb. Le liquide, débarrassé du plomb introduit en excès, fut amené à consistance sirupeuse; le sirop, placé dans le vide sec, se prit, en vingt-quatre heures, en une masse cristalline. Les cristaux obtenus par expression, puis purifiés par cristallisation dans l'alcool, présentaient un assemblage d'aiguilles déliées, incolores, d'une saveur fraîche et peu sucrée. Ces cristaux, ne possédant pas de pouvoir rotatoire, entraient en fusion à la température de 166°. Ce sont là les caractères de la mannite qui existerait dans les cerises du caféier mêlée à du sucre interverti et à du saccharose, dont on a déterminé les quantités.

B. Les cerises imbibées d'alcool, pesant 9^{kg},030 mises à l'étuve, ont été réduites au poids de 3^{kg},800; on y a dosé les sucres et la mannite.

Voici les résultats des dosages :

	A. Dans l'alcool.	B. Dans les 3kg,800 de cerises sèches.	Total.
	gr	gr	gr
Mannite	72,0	20,0	92,0
Sucre interverti	233,3	131,1	364,4
Sucre de canne	65,9	32,7	98,6

En restituant aux cerises sorties de l'étuve, pesant 3800gr, les matières sucrées que l'alcool A avait enlevées, 371gr,2, on a, pour le poids des cerises sèches, environ 4171gr,2.

Pour 100 de cerises séchées à l'étuve, dans l'état où elles sont parvenues à Paris, on aurait :

Mannite	2,21
Sucre interverti	8,73
Sucre de canne	2,37
Substances indéterminées	86,69
	100,00

Dans les matières indéterminées se trouvaient la pulpe privée de substances solubles et les graines avec leurs tuniques cartilagineuses (endocarpe). On a constaté en outre, dans les solutions alcooliques, de l'acide malique et de la caféine.

Les cerises desséchées à l'étuve ont donné pour 100 : graines nettes	47,93
Des cerises retirées d'une autre dame-jeanne	47,81

Une dessiccation que je fis sur des cerises fraîches, cueillies sur un caféier du Venezuela, a produit pour 100 :

Graines non décortiquées	33,4	
Pulpe sèche	5,6	Pulpe humide, 66,6.
Eau par différence	61,0	
	100,0	

De Humboldt, considérant la promptitude avec laquelle

la cerise du caféier fermente et la masse énorme de substances organiques fournies par des plantations de cent mille arbustes, était étonné qu'on n'eût jamais pensé à en retirer de l'alcool [1]. Je ne saurais partager l'étonnement du célèbre voyageur, et je doute que la distillation des baies du caféier soit lucrative; je la crois même difficilement praticable. D'abord cette cerise, l'analyse l'indique, est relativement pauvre en pulpe sucrée, si on la compare à la cerise ordinaire, à la merise et autres fruits à noyau avec lesquels, en Europe, on prépare des liquides alcooliques. Ainsi, tandis que la cerise du caféier ne renferme pas au delà de 66 pour 100 de pulpe:

La cerise ordinaire en contient.......	90
La prune à *quetchenwasser*..........	95

J'ajouterai que, pour faire fermenter le fruit du caféier, il faudrait recourir aux procédés suivis dans la préparation du kirschenwasser, du quetchenwasser : opérer en vases clos et soumettre à la distillation dans un espace de temps fort limité la totalité de la masse fermentée, graines comprises. Or, il est douteux qu'après une coction dans l'alambic les graines de café ne perdent pas de leur qualité. Il convient, d'ailleurs, de remarquer qu'en présence de la culture de la canne, ce grand producteur de sucre et par conséquent d'alcool, il n'y a réellement aucune raison pour distiller le fruit du caféier, ne donnant, ainsi que je m'en suis assuré, qu'une eau-de-vie sans ces parfums qui font coter si haut au-dessus du prix de l'alcool ordinaire les alcools de merises, de mirabelles, de quetchen. Au reste, il n'est pas exact d'affirmer qu'on n'ait pas tenté d'obtenir un liquide alcoolique du fruit du caféier. On lit, en effet, dans les *Mémoires de l'Académie des Inscriptions*, que « les habitants de l'Arabie prennent la peau qui enveloppe

---

[1] De Humboldt, *Voyages aux régions équinoxiales*, t. V, p. 86.

la graine et la préparent comme le raisin ; ils en font une boisson pour se rafraîchir pendant l'été. Cette liqueur vineuse semble posséder toutes les propriétés excitantes que l'on apprécie dans le café [1]. »

Dans cette préparation, on fait fermenter la pulpe après en avoir extrait la graine, qui ne saurait, par conséquent, subir aucune altération ; quant au vin de café, il est naturel qu'il ait, à un certain degré, la faculté excitante de l'infusion, puisque la cerise cède, comme on l'a vu, de la caféine à l'alcool, et que des principes fixes de la pulpe restent dans le liquide après la fermentation, qui ne détruit que les matières sucrées.

---

(1) *Mémoires de l'Académie des Inscriptions* (*Histoire*), t. XXII, p. 28.

SUR

LA FERMENTATION ALCOOLIQUE RAPIDE;

PAR M. JOSEPH BOUSSINGAULT.

Parmi les vins provenant de l'Exposition internationale remis au laboratoire de l'Institut agronomique par une décision du Ministre de l'Agriculture et du Commerce, il en est dans lesquels le dosage d'un élément important, la glycérine, a présenté de sérieuses difficultés, à cause d'une teneur exceptionnelle en matières sucrées. Ces vins, évaporés dans le vide, laissent un résidu abondant, visqueux, résistant aux dissolvants employés pour en dégager la glycérine, ou s'opposant à son expulsion lorsque l'extrait qui la contient est mis à l'étuve. Il est donc nécessaire d'éliminer les matières sucrées. Pour cette élimination, le moyen serait tout indiqué : la fermentation, si son extrême lenteur, dans les conditions ordinaires, n'était un obstacle en présence du nombre considérable d'échantillons de vins sucrés qu'on devait analyser. On en jugera par ce qui est arrivé avec le rancio des Pyrénées-Orientales, renfermant pour 100 :

Sucre réducteur.............	$18^{gr},9$
Alcool en volume............	20^{cc}

Dans 100^{cc} de ce vin, additionnés de partie égale d'eau, on introduisit 6^{gr} de levûre fraîche. La fermentation ne tarda pas à se manifester; d'abord assez active, elle se calma bientôt. Le quatrième jour le liquide était éclairci; il ne s'en dégageait plus de gaz acide carbonique. Cependant il

y restait encore du sucre, et il fallut faire intervenir, à deux reprises, 3gr de levûre délayée dans de l'eau pour le faire disparaître, ce qui n'eut lieu que le neuvième jour, la température s'étant maintenue entre 20° et 22°.

Il était permis d'attribuer cette inertie à la forte proportion d'alcool déjà contenue dans le rancio, à laquelle venait s'ajouter l'alcool formé. En effet, M. Chevreul a nettement indiqué qu'une des causes de la lenteur progressive d'une fermentation est due au développement de l'alcool, paralysant les propriétés de la levûre; aussi, en expulsant l'alcool, en l'empêchant de s'accumuler, la destruction du sucre est-elle bien plus prompte. La fermentation peut alors être pratiquée avec succès pour détruire les matières sucrées.

En vue d'accélérer la disparition du sucre par une fermentation intensive, on a fait une série d'expériences en prenant comme point de départ un travail de M. Dumas [1]. On savait déjà qu'une fermentation est d'autant plus active qu'elle est provoquée par une plus forte proportion de levûre. M. Dumas a montré en outre qu'au delà d'une certaine limite le ferment n'exerce plus d'action. Par exemple, les conditions étant identiques, la levûre agit sur le glucose avec la même énergie à la dose de 20gr de levûre pour 1gr de glucose qu'à la dose de 100 pour 1. De plus, M. Dumas a reconnu (la levûre étant toujours en excès) que la durée d'une fermentation est proportionnelle à la quantité de sucre. Le glucose, comme la lévulose, fermentant aussitôt qu'il y a contact avec la levûre, tandis que le sucre de canne devant préalablement être interverti pour posséder l'aptitude fermentescible, il arrive que ce corps fermente moins promptement. Aussi a-t-il été constaté que, quelle que soit la proportion de ferment, il faut presque autant de temps pour intervertir le sucre que pour

(1) Dumas, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 5e série, t. III.

le convertir, après l'interversion, en alcool et acide carbonique.

M. Dumas provoquait des fermentations actives en faisant intervenir, à 22° ou 25°, de très fortes quantités de levûre. On a pensé qu'en augmentant la température on obtiendrait la même activité, tout en employant beaucoup moins de ferment, surtout en expulsant par une forte aspiration l'alcool et l'acide carbonique formés : c'est ce que l'expérience a confirmé.

Dans cet ordre d'idées, on entreprit des recherches ayant pour objet d'éliminer l'alcool et l'acide carbonique pendant la fermentation. On opéra sur le rancio, renfermant pour 100 :

Sucre réducteur	$18^{gr},9$
Alcool en volume	20^{cc}

I. Dans un ballon on introduisit :

Vin	100^{cc}
Eau	100^{cc}
Levûre fraîche	15^{gr}

Le vase fut établi dans un bain-marie, chauffé à 40° et mis en rapport avec une machine pneumatique [1]. Lorsque la fermentation devint manifeste, on fit fonctionner le piston, non pas pour obtenir un vide complet, mais pour raréfier l'air, en diminuant la pression jusqu'à ce que le liquide fermentant entrât en ébullition. La vapeur alcoolique émise pendant la distillation était condensée dans un récipient plongeant dans de la glace. Six heures après, il n'y avait plus de matière sucrée. Les $18^{gr},9$ de sucre contenus dans le vin avaient disparu. On a vu qu'en faisant

---

(1) On a employé pour ces expériences la machine pneumatique de M. Carré, à bain d'acide sulfurique.

fermenter ce même vin dans les conditions ordinaires cette disparition n'eut lieu qu'après plusieurs jours.

II. On fit une seconde expérience dans les mêmes conditions sur un rancio d'une autre provenance, contenant pour 100^{cc}:

Sucre réducteur	$17^{gr},0$
Alcool en volume	22^{cc}

Dans un ballon on mit :

Vin	50^{cc}
Eau	150^{cc}
Levûre fraîche	6^{gr}

Par une application graduelle du vide, la température étant portée et maintenue à 35°, le liquide entra en ébullition ; après une heure et demie de fermentation.

Dans la liqueur restée dans l'appareil on dosa :

	gr
Sucre réducteur	0,1
Avant la fermentation il y avait	8,5
Sucre disparu	8,4

III. Vin sucré de la collection Joinville, contenant pour 100^{cc}:

Sucre réducteur	$9^{gr},28$
Alcool en volume	21^{cc}

Opéré, à la température de 37°, sur :

Vin	50^{cc}
Eau	150^{cc}
Levûre fraîche	20^{gr}

Après deux heures de fermentation rapide, les $4^{gr},64$ de

sucre avaient disparu sous l'influence de l'ébullition déterminée par une diminution de pression.

Cette rapidité dans la destruction de la matière sucrée est évidemment due en grande partie à l'expulsion de l'alcool et de l'acide carbonique, effectuée pendant toute la durée de la fermentation; on ne saurait l'attribuer uniquement à la température, à la forte dose de levûre. C'est ce qui ressort de plusieurs expériences conjuguées, consistant à faire agir simultanément les mêmes doses de levûre sur des quantités égales de vins sucrés, l'une dans un ballon A où l'on pouvait faire le vide, l'autre dans un ballon B fermé par un tube effilé, dans lequel la fermentation avait lieu à la pression ordinaire; les deux vases, établis dans un bain-marie commun, possédaient, par conséquent, une température identique.

Par cette disposition on avait dans A un liquide bouillant à une température peu élevée; la vapeur qui en émanait, contenant l'alcool initial et celui venant de la décomposition du sucre, était expulsée et condensée dans un réfrigérant.

Dans B, au contraire, où la fermentation s'accomplissait sous la pression ordinaire, l'alcool augmentait progressivement, par cette raison que l'alcool formé s'ajoutait à l'alcool préexistant. Ainsi, dans A, où l'air était fortement raréfié, la levûre dans le liquide n'était plus en contact qu'avec peu ou point d'alcool, tandis qu'en B elle fonctionnait au sein d'un liquide contenant des quantités croissantes d'alcools, devenant quelquefois assez fortes pour entraver, même pour en empêcher l'action.

La durée des fermentations accomplies dans les mêmes conditions a varié notablement, ce qui tenait à la différence d'activité, de vitalité des levûres qu'on faisait intervenir. Toutefois, comme dans chaque expérience on employait constamment de la levûre de même origine, les résultats ont toujours été comparables.

Voici le détail de quelques observations :

I. Rancio des Pyrénées-Orientales, contenant pour 100^cc.

Sucre réducteur...............	18gr,9
Alcool en volume..............	20cc

Mis dans deux ballons A et B :

Vin...........................	100cc
Eau...........................	100cc
Levûre fraîche................	15gr

Température du bain-marie, 40°.

Après une heure et demie de fermentation on a dosé dans le liquide du ballon A (air raréfié) :

	gr
Sucre réducteur...............	6,93
Avant la fermentation, il y avait..	18,90
Sucre disparu.................	11,97

Dans le liquide du ballon B (pression ordinaire) :

	gr
Sucre réducteur...............	18,00
Avant la fermentation, il y avait..	18,90
Sucre disparu.................	0,90

Sous l'influence de la diminution de pression dans le ballon A, la fermentation a été, pour des temps égaux et à la même température, environ douze fois plus active que dans le ballon B, bien que le liquide de ce ballon ne renfermât pas au delà de $\frac{11}{100}$ à $\frac{12}{100}$ d'alcool en volume.

II. Rancio employé précédemment, contenant pour 100cc :

Sucre réducteur...............	18gr,9
Alcool........................	20cc

Introduit dans les ballons A et B :

Vin	100^{cc}
Eau	100^{cc}
Levûre fraîche	15^{gr}

Température du bain-marie, 40°.

Après cinq heures d'une fermentation tumultueuse (1), on a dosé dans le liquide du ballon A (air raréfié) :

Sucre réducteur	$8^{gr},16$
Avant, il y avait	18,90
Sucre disparu	10,74

Dans le liquide du ballon B (pression ordinaire) :

Sucre réducteur	$13^{gr},04$
Avant, il y avait	18,90
Sucre disparu	5,86

Le sucre disparu représente : alcool en volume, environ 4^{cc}, ce qui porte l'alcool à 24^{cc} répartis dans les 200^{cc} de liquide au moment où l'on a terminé l'expérience, soit 12 pour 100.

Cette teneur en alcool, si elle n'a pas arrêté la fermentation, a suffi pour la ralentir considérablement, l'activité de la levûre ayant été moitié moindre dans le liquide B que dans le liquide A, dont on éliminait l'alcool et le gaz acide carbonique par une ébullition à basse pression.

III. Mélange d'eau et d'alcool marquant 17° à l'alcoolgrade (température, 15°) et renfermant pour 100 :

Glucose	18^{gr}

(1) On empêchait la mousse de se former dans le ballon où l'on faisait le vide, en y versant quelques gouttes d'huile.

Mis dans deux ballons A et B 300^{cc} de la dissolution avec 20^{gr} de levûre fraîche; température du bain-marie, 38°.

Dans les 300^{cc} de la dissolution il entrait :

Glucose	54^{gr}
Alcool en volume	51^{cc}

La fermentation fut à peine perceptible; on apercevait un faible dégagement de gaz.

Trois heures après, on dosa dans le liquide du ballon A (air raréfié) :

Glucose	52^{gr}
Avant il y avait	54
Glucose manquant	2

Dans le liquide du ballon B (pression ordinaire) :

Glucose	52^{gr}

Ainsi, en trois heures, dans les deux cas, il n'y avait pas eu de fermentation sensible dans un liquide renfermant, en volume, 17 pour 100 d'alcool.

IV. Mélange d'eau et d'alcool marquant 10° à l'alcool-grade (température, 15°) et renfermant pour 100 :

Glucose pur	18^{gr}

Dans deux ballons A et B introduit 400^{cc} de mélange avec 40^{gr} de levûre fraîche.

Les 400^{cc} renfermaient :

Glucose	72^{gr}
Alcool en volume	40^{cc}

Température du bain-marie, 38°.

Après cinq heures de fermentation, dosé dans le liquide de A (air raréfié) :

Glucose	27,15^{gr}
Avant il y avait	72,00
Glucose manquant	44,85

Dans le liquide de B (pression ordinaire) :

Glucose	47^{gr},11
Avant il y avait..........	72,00
Glucose manquant	24,89 = alcool en vol. 16^{cc}

A la pression ordinaire, la fermentation a été beaucoup plus lente que sous l'influence d'une diminution de pression amenée au point de faire bouillir le liquide fermentant à la température de 38°, quoiqu'on eût pour la même quantité de glucose un poids de levûre double de celui qu'on avait fait intervenir dans l'expérience III.

Ce résultat provient sans aucun doute de l'alcool contenu dans les 400^{cc} de liquide du ballon B, dans lequel il y avait :

Alcool initial en volume.........	40^{cc}
Alcool formé	16
Alcool total..................	56

Pour 100^{cc} du liquide fermenté, 14^{cc}, proportion d'alcool suffisante pour ralentir l'action de la levûre.

V. Mélange contenant pour 100^{cc} :

Glucose	9^{gr}
Alcool en volume...........	3^{cc},875

Introduit dans les ballons A et B 320^{cc} de liquide avec levûre fraîche, 20^{gr}.

Les 320^{cc} de liquide renfermaient :

Glucose	28^{gr},8
Alcool....................	12^{cc},4

Température du bain, 38°.

Après une heure et demie de fermentation, dosé dans le liquide du ballon A (air raréfié) :

Glucose	6^{gr},08
Avant il y avait............	28,80
Glucose disparu...........	22,72

Dans le liquide du ballon B (pression ordinaire) :

Glucose..............	11^{gr},83	
Avant il y avait	28,80	
Glucose disparu	16,97	= alcool en vol. 10^{cc},92

Alcool en volume............	10^{cc},92
Alcool initial dans les 320^{cc} du liquide ayant fermenté en B.	12,4
Alcool total................	23,32

Dans 100^{cc} de liquide fermenté,

Alcool	7^{cc},2

Cette faible quantité d'alcool aurait suffi pour atténuer l'activité de la levûre, puisque dans le ballon A, où l'alcool avait été expulsé par l'ébullition, la fermentation fut environ deux fois plus rapide.

L'accumulation de l'alcool aurait donc pour effet de diminuer et même d'empêcher l'action de la levûre. Aussi, lorsque l'alcool acquis est en proportion minime, comme il arrive en agissant sur des solutions renfermant peu de sucre, il n'y a plus de différence bien marquée entre la durée d'une fermentation accomplie à la pression ordinaire et celle faite dans de l'air raréfié. Il semblerait, néanmoins, que même dans ce cas l'alcool, quoique développé en quantités minimes, affaiblit visiblement l'énergie de la levûre ; c'est ce qu'établiraient les résultats des fermentations effectuées sur des solutions pauvres en matières sucrées. On présente ici le détail de sept fermentations exécutées dans les mêmes conditions.

I. Mis dans deux ballons A et B :

Sucre.................	20^{gr}	= sucre réduct. 21^{gr},08
Levûre fraîche..........	5^{gr}	
Eau..................	200^{cc}	

Température du bain-marie, 37°.

Après trois heures de fermentation, dosé dans le liquide du ballon A (air raréfié) :

Sucre réducteur	12^gr^,95
Avant il y avait	21,08
Sucre disparu	8,13

Dans le liquide du ballon B (pression ordinaire) :

Sucre réducteur	19gr,08	
Avant il y avait	21gr,08	
Sucre disparu	2gr,0 = alcool en vol.	1cc,29
Pour 100cc du liquide ayant fermenté alc. en volume.	0cc,65	

II. Dans deux ballons A et B :

Sucre	40gr = sucre réduct.	42gr,10
Levûre fraîche	25gr	
Eau	345cc	

Température du bain-marie, 35°.

Après deux heures de fermentation, dosé dans le liquide de A (air raréfié) :

Sucre réducteur	24gr,70
Avant il y avait	42,10
Sucre disparu	17,40

Dans le liquide de B (pression ordinaire) :

Sucre réducteur	36gr,16	
Avant il y avait	42,10	
Sucre disparu	5,64 = alcool en vol.	3cc,86
Pour 100cc de liquide ayant fermenté, alcool en vol.	1cc,1	

III. Dans deux ballons A et B :

Sucre	15 gr	= sucre réduct. 15,78
Eau	350	
Levûre	30	

Température du bain marie, 33°.

Après une heure de fermentation, dosé dans le liquide de A (air raréfié) :

Sucre réducteur	0,89 gr
Avant il y avait	15,78
Sucre disparu	14,89

Dans le liquide de B (pression ordinaire) :

Sucre réducteur	2,27 gr	
Avant il y avait	15,78	
Sucre disparu	13,58	= alcool en vol. 8cc,7
Pour 100cc du liquide ayant fermenté, alcool en vol.	2cc,9	

IV. Dans deux ballons A et B :

Sucre	15 gr	= sucre réduct. 15,78
Levûre fraîche	45,0	
Eau	300,0	

Température du bain-marie, 40°.

Après une heure et demie de fermentation, dosé dans le liquide de A (air raréfié) :

Sucre réducteur	0 gr
Avant il y avait	15,78
Sucre disparu	15,78

Dans le liquide de B (pression ordinaire) :

	gr	
Sucre réducteur	1,71	
Avant il y avait	15,78	
Sucre disparu	14,07 = alcool en vol.	9^{cc}
Pour 100^{cc} de liquide ayant fermenté, alcool en vol.	$3^{cc},0$	

V. Mis dans deux ballons A et B :

Glucose pur	$14^{gr},9$
Eau	360^{cc}
Levûre fraîche	30^{gr}

Température du bain-marie, 35°.

Après une heure de fermentation, dosé dans le liquide de A (air raréfié) :

	gr
Glucose	0,0
Avant, il y avait	14,9
Glucose disparu	14,9

Dans le liquide de B (pression ordinaire) :

	gr	
Glucose	3,3	
Avant, il y avait	14,9	
Glucose disparu	11,6 = alcool en vol.	$7^{cc},46$
Pour 100 de liquide fermenté, alcool en volume		$2^{cc},1$

VI. Dans deux ballons A et B :

	gr	
Sucre	10 = sucre réduct.	10,52
Levûre fraîche	20	
Eau	250^{cc}	

Température du bain-marie, 38°.

Après deux heures trente-cinq minutes de fermentation, dosé dans le liquide de A (air raréfié) :

Sucre réducteur...............	3gr,60
Avant, il y avait.............	10,52
Sucre disparu.................	6,92

Dans le liquide de B (pression ordinaire) :

Sucre réducteur........	4gr,60
Avant, il y avait.......	10,52
Sucre disparu..........	5,92 = alcool en vol. 3cc,8

Dans 100cc du liquide fermenté :

Alcool en volume.............	1cc,5

VII. Dans deux flacons A et B :

Sucre....................	10gr = sucre réduct. 10gr,52
Levûre...................	12
Eau......................	300cc

Température du bain-marie, 39°.

Après deux heures de fermentation, dosé dans le liquide de A (air raréfié) :

Sucre réducteur..............	0gr,80
Avant, il y avait.............	10,52
Sucre disparu.................	9,72

Dans le liquide de B (pression ordinaire) :

Sucre réducteur..............	1gr,30
Avant, il y avait.............	10,52
Glucose disparu..............	9,22
Alcool en volume.............	5cc,9

Dans 100^{cc} du liquide fermenté :

Alcool en volume.............	$1^{cc},9$

Voici le résumé des observations; elles indiqueraient une faible atténuation dans l'action de la levûre pendant les fermentations opérées à la pression ordinaire, alors même que l'alcool acquis dans 100^{cc} de liquide ayant fermenté ne s'élèverait qu'à environ 2 pour 100.

I...........................	0,6
II..........................	1,1
III.........................	2,9
IV..........................	3,0
V...........................	2,1
VI..........................	1,5
VII.........................	1,9
Moyenne..............	1,86

Il en serait autrement si dans la dissolution mise à fermenter il entrait des proportions de sucre plus élevées. L'alcool formé et accumulé dans le liquide pourrait alors être en proportions assez fortes non seulement pour diminuer, mais pour arrêter complètement l'action de la levûre. C'est ce que démontrera l'expérience que l'on va décrire.

70^{gr} de sucre candi, représentant $73^{gr},68$ de sucre réducteur, furent dissous dans 240^{cc} d'eau; on ajouta 25^{gr} de levûre fraîche. Température du bain marie, 22°.

La fermentation, d'abord des plus vives, se calma bientôt. Au bout de vingt-quatre heures, il ne se dégageait plus que de rares bulles de gaz. Le second jour, la liqueur était éclaircie. Après la fermentation, on dosa dans les 240^{cc} de liquide fermenté :

	gr
Sucre réducteur...............	7,17
Avant, il y avait..............	73,68
Sucre disparu................	66,51

Le sucre avait dû former environ 34gr d'alcool répartis dans les 240cc de liquide fermenté, soit en volume 42cc,82.

Pour 100cc de ce liquide, alcool... 18cc

Ainsi, à la dose de 18 pour 100 d'alcool en volume, la levûre cessa d'agir ou n'agit plus qu'avec une extrême lenteur.

Le produit obtenu dans cette circonstance n'était pas sans analogie avec celui résultant de la fermentation des vins sucrés très alcooliques.

Il y avait à constater directement, à mesurer en quelque sorte l'affaiblissement du pouvoir fermentescible de la levûre sur une matière sucrée mise dans de l'alcool à divers degrés.

I. Dans 100cc d'alcool à 50°, 25°, 15° et 5°, on a introduit 1gr de glucose pur, puis 4gr de levûre fraîche. On a ensuite déterminé le glucose échappé à la fermentation, dans un cas après vingt-quatre heures, dans un autre après soixante heures, la température s'étant maintenue entre 21° et 22°.

	Après 24 heures. Glucose		Après 60 heures. Glucose	
	retrouvé.	disparu.	retrouvé.	disparu.
	gr	gr	gr	gr
Alcool à 50°.....	1,00	0,00	1,00	0,00
» à 25°.....	1,00	0,0	1,00	0,00
» à 15°.....	0,29	0,71	0,00	1,00
» à 5°.....	0,00	1,00	0,00	1,00

Dans l'alcool à 50° et à 25°, il n'y a pas eu fermentation, même après soixante heures.

Dans l'alcool à 15°, la levûre n'a agi qu'avec lenteur. En vingt-quatre heures, la quantité de glucose détruite n'a pas dépassé 0gr,71; la destruction complète a exigé soixante heures.

On a comparé, dans une seconde expérience, l'action de

la levûre d'un côté sur du glucose dissous dans l'alcool à 15° et de l'autre sur du glucose dissous dans l'eau. On a dosé la matière sucrée à trois heures d'intervalle, après avoir ajouté 1gr de levûre.

II. Proportion initiale de glucose dans 100cc de dissolution, 1gr; levûre, 1gr:

	Dans 100cc d'alcool à 15°.	Perte.	Dans 100cc d'eau.	Perte.
	gr	gr	gr	gr
9h du matin.....	1,00		1,00	
Midi...........	0,81	0,19	0,57	0,43
3h après midi....	0,74	0,26	0,03	0,97
6h du soir......	0,72	0,28	0,00	1,00

En six heures le glucose avait disparu dans la solution aqueuse; il en restait encore 0gr,72 dans la solution alcoolique à 15°. Après neuf heures, dans la première expérience, on constata que le glucose contenu dans un alcool très faible marquant 5° à l'alcoolgrade avait disparu en moins de vingt-quatre heures de fermentation, ce qui n'impliquait nullement qu'une aussi minime quantité d'alcool n'entraverait pas l'action de la levûre. Pour s'en assurer, on a fait agir simultanément la même quantité de levûre, 1gr, sur du glucose dissous dans l'eau et sur du glucose en dissolution dans de l'alcool très faible, marquant 5° à l'alcoolgrade, la température étant de 22° à 23°.

III. A la température de 22° à 23°, on a dissous 1gr de glucose :

	Dans 100cc d'eau.		Dans 100cc d'alcool à 5°.	
	Glucose.	Perte.	Glucose.	Perte.
	gr	gr	gr	gr
A 9h dosé.....	1,00		1,00	
11	0,56	0,44	0,61	0,39
1	0,44	0,56	0,50	0,50
3	0,20	0,80	0,27	0,73
5	0,08	0,92	0,10	0,90

Quantités de glucose trouvées aux mêmes heures :

	Dans la dissolution aqueuse.	Dans la dissolution alcoolique.	Différences.
h	gr	gr	gr
9...........	1,00	1,00	
11...........	0,56	0,61	0,05
1...........	0,44	0,50	0,06
3...........	0,20	0,27	0,07
5...........	0,08	0,10	0,02

On a employé dans ces expériences du glucose, et non pas du sucre interverti, parce que, d'après M. Dubrunfaut, l'action du ferment s'exerce d'abord sur le glucose, ensuite sur la lévulose; or, dans une recherche de cette nature, il convenait d'opérer sur une matière sucrée de constitution homogène.

On voit que la disparition du glucose a été plus prompte dans une dissolution aqueuse que dans une dissolution même faiblement alcoolisée.

Il ne saurait donc rester le moindre doute sur l'effet de l'alcool sur la levûre, signalé pour la première fois par M. Chevreul, effet qu'on atténue en s'opposant à l'accumulation de l'alcool dans un liquide au moyen de l'aspiration déterminant une distillation.

Cependant, en considérant la rapidité de la destruction de la matière sucrée en présence du ferment fonctionnant dans une atmosphère très raréfiée, on est fondé à croire que dans cette condition la dissociation du sucre en alcool et en acide carbonique est encore favorisée par la diminution de la pression, ainsi qu'il arrive pour quelques composés minéraux dont un des éléments peut prendre l'état gazeux. La fermentation sous l'influence du vide s'accomplit avec une telle vitesse, qu'il est vraisemblable qu'il sera avantageux de la pratiquer dans plusieurs circonstances.

Déjà nous avons vu que la fermentation rapide, en éliminant en peu de temps le sucre des vins spiritueux, rend possible le dosage de la glycérine et de l'acide succinique. En en faisant usage, on est parvenu à doser 10^{gr} à 15^{gr} de glycérine par litre de rancio de diverses provenances, dans lesquels la détermination de cette substance est absolument impossible en présence du sucre. Il y avait à examiner si, dans une fermentation rapide, le moût fournirait autant d'alcool que dans une fermentation normale. Il semblerait qu'il en est ainsi :

I. 30^{gr} de sucre candi = sucre réducteur....	$31^{gr},58$
Levûre fraîche........................	60^{gr}
Eau..................................	640^{cc}

ont été placés dans un ballon chauffé au bain-marie à 37°. Lorsque la fermentation se manifesta, on établit la communication avec la machine pneumatique pour déterminer l'ébullition, qu'on maintint jusqu'à ce que le sucre eût disparu, ce qui eut lieu en quatre heures.

200^{cc} de liquide recueillis durant cette distillation, effectuée à 37°, marquaient 9° à l'alcoolgrade (température 15°). Alcool en poids, $14^{gr},29$. Le sucre mis à fermenter aurait dû en donner $16^{gr},14$. On aurait obtenu les $\frac{88}{100}$ de l'alcool théorique.

II. Dans une seconde expérience, le liquide, fermentant, fut maintenu en ébullition à la température de 39°. On obtint du sucre disparu $\frac{89}{100}$ de l'alcool théorique. La faiblesse de ces rendements n'a rien de surprenant, et l'on ne serait pas fondé à l'attribuer entièrement au procédé employé, quand on sait que dans une fermentation faite dans les conditions ordinaires le sucre ne fournit jamais l'alcool répondant à l'équation de Lavoisier. Suivant M. Pasteur, 6 pour 100 du sucre semblent échapper à l'action du ferment, c'est-à-dire qu'on n'obtient pas, dans les circonstances les plus favorables, au delà de $\frac{94}{100}$ de

l'alcool indiqué par la théorie. On ajoutera que dans un travail sur la fermentation des fruits, y compris le raisin, constamment la quantité d'alcool obtenue a été de beaucoup inférieure à celle qu'on pouvait attendre de la matière sucrée ([1]).

Enfin on remarquera que dans une fermentation rapide, pendant tout le temps de la distillation à basse pression, le liquide condensé est soumis à une aspiration devant nécessairement occasionner une perte en alcool, malgré le refroidissement du serpentin et du récipient. Au reste, il serait facile de trouver une disposition qui protégerait l'alcool contre l'action du vide, en même temps qu'un agent alcalin absorberait le gaz acide carbonique. L'alcool qu'on retirerait par cette distillation d'un moût dans le vide, et par conséquent à une basse température, n'entraînerait pas les produits odorants, peu volatils, qui en altèrent quelquefois la qualité.

Il restait à savoir si dans les produits de la fermentation alcoolique rapide on rencontrerait la glycérine et l'acide succinique. Cette constatation offrait d'autant plus d'intérêt que M. Pasteur, en faisant fermenter le sucre dans les conditions les plus variées, n'a jamais pu s'opposer à l'apparition de ces deux substances, que quelques personnes étaient portées à considérer comme des produits accessoires résultant d'une action ultérieure du ferment sur l'alcool. Or, dans les fermentations rapides exécutées à une pression assez faible pour que l'ébullition expulse du liquide l'alcool en même temps que l'acide carbonique au fur et à mesure qu'ils apparaissent, on ne saurait invoquer une telle origine.

Voici comment on a procédé : on faisait fermenter rapidement, à une très basse pression, la matière sucrée avec la levûre, et, parallèlement, on mettait dans un appareil

---

([1]) Boussingault, *Agronomie*, t. V.

semblable la même quantité de levûre délayée dans le même volume d'eau. Dans les deux cas, l'ébullition avait lieu à la même pression, à la même température, pendant des temps égaux. On dosait ensuite la glycérine dans le liquide où le sucre avait été détruit par la fermentation et dans le liquide ayant uniquement reçu de la levûre.

En effet, M. Pasteur a vu que la levûre seule fournit de la glycérine, mais toujours en moindres quantités qu'alors qu'elle est mêlée au sucre, de sorte que, pour avoir le poids réel de la glycérine venant de la matière sucrée, il faut en retrancher celui qui est attribuable à la levûre ayant concouru à la fermentation. Voici le résultat des deux opérations :

I. Mis à fermenter :

Sucre	15^{gr}
Levûre	30^{gr}
Eau	300^{cc}

Liquide entretenu en ébullition à la température de 41°.

En deux heures, le sucre avait disparu.

On a retiré, après la fermentation : glycérine, $0^{gr},708$.

30^{gr} de la même levûre ont été délayés dans 300^{cc} d'eau entretenus en ébullition à la température de 41° pendant deux heures ; on en a extrait :

	gr
Glycérine	0,335
Glycérine dosée dans le liquide sucré fermenté	0,708
Glycérine attribuable au sucre	0,373
Pour 100^{gr} de sucre, glycérine formée	2,5

II. Mis à fermenter :

Sucre	15^{gr}
Levûre	30^{gr}
Eau	300^{cc}

Entretenus en ébullition à la température de 40°. Le sucre a disparu en trois heures.

Retiré après fermentation :

	gr
Glycérine.....................	0,63
Cendres laissées après combustion ..	0,01
Glycérine exempte de cendres......	0,62

30gr de la même levûre, délayés dans 300cc d'eau. On a entretenu l'ébullition à la température de 40° pendant trois heures.

On a retiré du liquide :

	gr
Glycérine.....................	0,21
Cendres restées après la combustion.	0,02
Glycérine exempte de cendres......	0,19
Glycérine dosée dans le liquide après sucre fermenté................	0,62
Glycérine attribuable au sucre.....	0,43

Ces quantités de glycérine pour 100 de sucre sont comprises dans celles adoptées par M. Pasteur : 2,5 à 3,6 pour 100 de sucre ayant fermenté sous l'influence de la levûre de bière.

L'ensemble de ces expériences conduit à la conclusion que la glycérine et l'acide succinique apparaissent durant la fermentation rapide excitée par l'élévation de température, l'intervention d'une forte dose de levûre et dans une atmosphère raréfiée. Dans de telles conditions, il y aurait sans doute à se demander s'il ne se formerait pas en plus forte proportion les divers produits qui accompagnent généralement l'alcool dans la fermentation normale, tels que l'alcool méthylique, l'aldéhyde, etc. ; mais cette question restait en dehors du programme qu'on s'était tracé, cette communication ayant principalement pour objet d'exposer

un moyen de faciliter l'analyse des vins riches en matières sucrées, en signalant en même temps ce fait curieux d'une fermentation accomplie dans un liquide maintenu en pleine ébullition sous une pression assez faible pour que la chaleur n'altère pas l'organisme du ferment, tout en étant suffisante pour en expulser l'alcool et l'acide carbonique aussitôt qu'ils sont constitués.

MÉMOIRE

SUR

L'INFLUENCE DES DÉFRICHEMENTS

DANS LA DIMINUTION DES COURS D'EAU.

C'est une question importante, généralement agitée, que celle de savoir si les travaux des hommes peuvent modifier le climat d'un pays. Les grands défrichements, les desséchements des marais, si influents sur la répartition de la chaleur à la surface du globe, influent-ils aussi sur les eaux vives qui arrosent une contrée, soit en atténuant la quantité de pluie, soit en permettant aux eaux pluviales une évaporation plus prompte, lorsque des forêts étendues ont été abattues et transformées en cultures?

Dans de nombreuses localités, on a cru reconnaître que, depuis un certain nombre d'années, des cours d'eau utilisés comme moteurs se sont très sensiblement amoindris. Sur d'autres points, on est fondé à croire que les rivières sont devenues moins profondes, et l'étendue croissante des plages recouvertes de galets qui apparaissent sur leurs bords semble attester la disparition d'une partie de leurs eaux; enfin des sources abondantes se sont presque taries. Ces remarques ont principalement été recueillies dans les vallées dominées par des montagnes, et l'on croit avoir remarqué que cette diminution des eaux a suivi de près l'époque à laquelle on a com-

mencé à détruire sans aucun ménagement les bois répartis à la surface d'un pays.

Il semblerait en résulter que là où des déboisements ont eu lieu, il y pleut moins qu'autrefois : c'est en effet l'opinion qui prévaut, et, si on l'admettait sans un examen plus approfondi, on serait conduit à tirer tout d'abord cette conséquence que les défrichements diminuent la quantité annuelle de pluie qui tombe sur une contrée. Mais, en même temps que l'on a constaté les faits que je viens de rapporter, on a observé que, depuis le déboisement des montagnes, les rivières et les torrents semblent avoir perdu une partie de leurs eaux, et présentent des crues subites, extraordinaires, occasionnant souvent de grands désastres. De même on a vu, à la suite de violents orages, des sources à peu près sèches surgir tout à coup avec impétuosité, pour se tarir bientôt après [1]. Ces dernières observations, on le conçoit facilement, doivent avertir de ne pas embrasser légèrement cette opinion que la coupe des bois diminue la quantité annuelle de pluie, car il n'y aurait rien d'impossible à ce que, non seulement cette quantité de pluie n'ait pas varié, mais il pourrait encore arriver que le volume des eaux courantes fût resté le même, malgré les apparences de sécheresse présentées à certaines époques de l'année par les rivières et les sources; peut-être y trouverait-on cette seule différence que l'écoulement de la même masse d'eau devient beaucoup plus irrégulière par l'effet du déboisement : par exemple, si les basses eaux du Rhône pendant une partie de l'année étaient compensées exactement par un nombre suffisant de grandes crues, il en résulterait qu'aujourd'hui ce fleuve porterait encore à la Méditerranée le même volume d'eau qu'il y versait anciennement, à une

---

[1] Observation communiquée par M. Larivière dans une séance de la société des Sciences naturelles.

époque antérieure aux déboisements qui ont eu lieu près de ses sources, et lorsque, probablement, sa profondeur moyenne n'était pas, comme de nos jours, sujette à des variations considérables. S'il en était ainsi, les forêts auraient toujours cet avantage qu'elles régulariseraient, qu'elles ménageraient en quelque sorte l'écoulement des eaux pluviales. Si réellement les cours d'eau sont moins volumineux à mesure que les défrichements prennent de l'extension, cela peut tenir à ce qu'en effet il tombe moins de pluie; ou bien à ce que l'évaporation est grandement favorisée par un sol privé d'arbres qui n'est plus abrité à la fois contre les rayons du Soleil et contre le vent. Ces deux deux causes, agissant dans le même sens, doivent souvent se combiner, et, avant de chercher à évaluer isolément ce qui appartient à l'une et à l'autre, il convient d'abord de constater s'il est bien établi que les eaux courantes diminuent à la surface d'une contrée où s'opèrent de grands défrichements; en un mot, il faut voir si l'on n'a pas pris l'apparence du fait pour la réalité. C'est là, au reste, le point utile à discuter, car, une fois établi que les déboisements atténuent le volume des cours d'eau, il est moins nécessaire de savoir si cette atténuation est due à l'une ou à l'autre cause. Il faut donc rechercher s'il n'y a pas dans la nature un ordre de phénomènes pouvant servir de critérium pour arriver à la solution de la question.

Les lacs, soit dans les plaines, soit dans les montagnes, me paraissent éminemment propres à éclairer la discussion. On peut, en effet, les considérer comme des jauges naturelles, destinées à évaluer, sur une échelle colossale, les changements qui peuvent survenir dans la quantité d'eau courante arrosant un pays. Si la masse de ces eaux éprouve une variation dans un sens quelconque, il est évident que cette variation et le sens dans lequel elle aura lieu sera indiquée par le niveau moyen du lac, par la raison qui fait que ce niveau varie, à différentes époques

de l'année, selon que la saison est sèche ou pluvieuse. Ainsi le niveau moyen d'un lac s'abaissera si la quantité annuelle d'eau courante coulant sur une contrée diminue; il s'élèvera, au contraire, si ces eaux vives deviennent plus abondantes; enfin ce niveau restera stationnaire si le volume d'eau allant au lac n'éprouve aucune variation. Dans la discussion qui va suivre, j'ai fait usage, de préférence, des observations relatives aux lacs n'ayant pas d'issues; la raison en est facile à saisir, puisqu'il s'agit de constater des changements de niveau souvent assez faibles. Je ne néglige pas cependant ce qui est relatif aux lacs laissant déborder leur trop-plein par un canal, parce que j'ai la conviction que leur étude peut encore conduire à des résultats assez précis. Avant d'entrer en matière, je dois donner quelques éclaircissements, afin de bien assigner la valeur que j'attache au mot *changement de niveau*.

Les géologues reconnaissent que partout à la surface du globe le niveau des eaux a éprouvé des variations, soit qu'on porte son attention sur les bords de la mer ou dans le voisinage des grands lacs. Le fait n'est révoqué en doute par personne. On n'est pas aussi généralement d'accord sur la réalité du phénomène : les uns, et c'est le plus grand nombre, prétendent que dans beaucoup de cas le changement de niveau n'est qu'apparent, que les masses d'eau ne se sont pas abaissées, mais que les côtes ont été soulevées; les autres, au contraire, voient une véritable disparition de la masse de liquide, un vrai dessèchement. De part et d'autre, on apporte des raisons en faveur de l'une ou de l'autre manière de voir : je n'ai pas à prendre part, pour le moment, à la discussion. Je n'aurai nullement à m'occuper des côtes baignées par l'Océan; je n'invoquerai pas davantage les grandes différences de niveau qui ont évidemment eu lieu dans certains lacs, à la suite de circonstances géologiques placées en

dehors de mon sujet; ces variations, souvent énormes, paraissent, en général, avoir été occasionnées par de violentes catastrophes, à très peu d'exceptions près, antérieures aux temps historiques. Je ne ferai usage que des changements de niveau observés dans les lacs par nos devanciers ou par les contemporains; en un mot, je n'attacherai de valeur qu'aux faits accomplis sous les yeux des hommes, puisque c'est l'influence de leurs travaux agricoles sur l'état météorologique de l'atmosphère que je me propose d'apprécier. Ce que j'ai à dire a été particulièrement observé en Amérique. Toutefois, je chercherai à établir que ce qui est vrai pour l'Amérique l'est encore pour tout autre continent.

Un des pays les plus intéressants de Venezuela est, sans aucun doute, la vallée d'Aragua, située à une petite distance de la côte, douée d'un climat chaud et d'un sol d'une fertilité sans exemple; elle réunit tous les genres de culture propres aux régions tropicales; sur les monticules qui s'élèvent du fond de la vallée, on ne voit pas sans étonnement des champs rappelant l'agriculture de l'Europe. Le blé réussit assez bien sur les hauteurs de la Vittoria. Bornée au nord par la chaîne du littoral, au sud par un système de montagnes la séparant des llanos, la vallée d'Aragua est limitée à l'est et à l'ouest par une série de collines qui la ferment complètement. Par cette singulière configuration du terrain, les rivières prenant naissance dans son intérieur n'ont aucune issue vers l'Océan. Leurs eaux s'accumulent dans la partie basse de la vallée et forment, par leur réunion, le beau lac de Tacarigua ou de Valencia. Ce lac, excédant en étendue celui de Neuchâtel, est élevé de 439^{m} au-dessus de la mer; sa longueur est d'environ dix lieues; sa largeur moyenne ne dépasse pas deux lieues. A l'époque où M. de Humboldt visitait la vallée d'Aragua, les habitants étaient frappés du dessèchement graduel que subissait le lac depuis une trentaine d'années.

En effet, il suffisait de comparer les descriptions données par les anciens historiens avec son état actuel pour reconnaître, après avoir fait une large part pour les exagérations, que les eaux s'étaient considérablement abaissées. Les faits parlaient assez haut d'eux-mêmes.

Oviedo (1), qui, vers la fin du xve siècle, avait si souvent parcouru la vallée d'Aragua, dit positivement que Nueva Valencia fut fondée en 1555, à une demi-lieue du lac de Tacarigua; en 1800, M. de Humboldt reconnut que cette ville se trouvait éloignée du rivage de 2700 toises (2).

L'aspect du terrain apportait d'ailleurs de nouvelles preuves; des monticules épars dans la plaine conservent encore aujourd'hui le nom d'*îles,* qu'ils portaient autrefois à plus juste titre, lorsqu'ils étaient environnés d'eau. Les terres, mises à nu par le retrait du lac, étaient transformées en admirables cultures de cotonniers, de bananiers, de cannes à sucre. Des constructions élevées près du rivage voyaient les eaux s'éloigner d'année en année. En 1796, des îles nouvelles firent leur apparition. Un point militaire important, une forteresse bâtie en 1740, dans l'île de la Cabrera, se trouvait alors dans une péninsule (3). Enfin, dans deux îles de granit, celle de Cura et de Cabo-Blanco, de Humboldt rencontra, dans des broussailles, à quelques toises au-dessus du niveau des eaux, du sable fin, rempli d'hélicites (4). Des faits aussi clairs, aussi certains, n'avaient pu manquer de faire naître, chez les savants du pays, de nombreuses explications, ayant toutes cela de commun : une issue souterraine permettant aux eaux un libre écoulement (5) vers l'Océan. De

(1) Son *Historia de la provincia de Venezuela* a été publiée en 1723.
(2) Humboldt, t. V, p. 165.
(3) Humboldt, t. X, p. 148.
(4) Humboldt, t. V, p. 170.
(5) Humboldt, t. V, p. 171.

Humboldt fit justice de ces hypothèses, et, après un mûr examen des localités, le célèbre voyageur n'hésita pas à voir la cause de la diminution des eaux du lac de Tacarigua dans les nombreux défrichements accomplis depuis un demi-siècle dans la vallée d'Aragua. « En abattant les arbres qui couvrent la cime et le flanc des montagnes, a-t-il dit, les hommes, sous tous les climats, préparent aux générations futures deux calamités à la fois : un manque de combustible et une disette d'eau ([1]). »

Depuis Oviedo, qui, comme tous les chroniqueurs, a gardé un silence absolu sur une diminution du lac, la culture de l'indigo, de la canne, du coton, du cacao avaient pris de grands développements. La vallée d'Aragua présentait, en 1800, une population aussi dense qu'aucune des parties les mieux peuplées de la France. On était agréablement surpris de l'aisance qu'on rencontrait dans les nombreux villages habités par une population industrieuse. Tel était l'état prospère de ce beau pays quand de Humboldt habitait la hacienda de Cura.

Vingt-deux ans plus tard, j'explorais à mon tour la vallée d'Aragua. J'avais fixé ma résidence dans la petite ville de Maracay. Depuis plusieurs années, les habitants avaient fait la remarque que non seulement les eaux du lac avaient cessé de baisser, mais qu'elles avaient subi une hausse très sensible. Des terrains naguère occupés par des plantations de coton étaient submergés. Les îles de las Nuevas Aparecidas, sorties des eaux en 1796, étaient devenues de nouveau des hauts-fonds dangereux pour la navigation. La langue de terre de la Cabrera, au côté nord de la vallée, était tellement étroite, que la plus petite crue du lac l'inondait totalement. Un vent soutenu du nord-ouest suffisait pour couvrir d'eau la route de Maracay à Nueva Valencia.

([1]) Humboldt, t. V, p. 173.

Les craintes qui pendant si longtemps avaient inquiété les riverains étaient changées de nature; ce n'était plus le dessèchement complet du lac que l'on redoutait : on se demandait si les envahissements successifs de ses eaux continueraient encore longtemps à s'emparer des propriétés. Ceux qui avaient expliqué la diminution du lac en imaginant des canaux souterrains s'étaient empressés de les fermer, pour donner raison de l'exhaussement des eaux.

Dans les vingt-deux ans qui venaient de s'écouler, de graves événements politiques s'étaient réalisés. Venezuela n'appartenait plus à l'Espagne. La paisible vallée d'Aragua avait été le théâtre des luttes les plus sanglantes; la guerre à mort avait désolé ces riantes contrées, décimé ses populations. Au premier cri d'indépendance, un grand nombre d'esclaves trouvèrent leur liberté en servant sous les drapeaux de la nouvelle république. Les grandes cultures furent abandonnées, et la forêt, si envahissante sous les tropiques, eut bientôt repris une grande partie du terrain que les hommes lui avaient arraché par près d'un siècle de travaux constants et pénibles.

Lors de la prospérité croissante de la vallée d'Aragua, les principaux affluents du lac étaient détournés pour servir à de nombreuses irrigations; le lit des rivières se trouvait à sec pendant plus de six mois de l'année. A l'époque que je rappelle, leurs eaux, n'étant plus utilisées, coulaient librement.

Ainsi, pendant le développement de l'industrie agricole de la vallée d'Aragua, lorsque les défrichements se multiplient, quand les grandes cultures prennent de l'extension, le niveau du lac baisse graduellement; plus tard, durant une période de désastres, heureusement passagers, les défrichements s'arrêtent, les terres occupées par la grande culture sont en partie rendues à la forêt : alors les eaux cessent de baisser, et bientôt elles prennent un mouvement ascensionnel non équivoque.

Je porterai maintenant la discussion, sans toutefois sortir de l'Amérique, dans une région où le climat est analogue à celui de l'Europe; là, on peut parcourir des champs couverts de céréales : je veux parler des plateaux de la Nouvelle-Grenade, de ces hautes vallées, élevées de 2000^{m} à 3000^{m}, et dans lesquelles il règne, pendant toute l'année, une température de 14° à 16° C. Les lacs sont fréquents dans les Cordillères; il me serait facile d'en décrire un grand nombre, mais je me bornerai à citer ceux qui ont été le sujet d'anciennes observations.

Le village d'Ubaté est dans le voisinage de deux lacs, qui n'en formaient qu'un seul soixante ans avant mon passage dans la localité ([1]).

Les anciens habitants ont vu les eaux diminuer progressivement et les plages s'étendre d'année en année. Aujourd'hui des champs de blé, d'une fertilité extrême, couvrent un terrain autrefois complètement submergé ([2]).

Il suffit de parcourir les environs d'Ubaté, de consulter les plus vieux chasseurs du pays, de compulser les archives des paroisses, pour rester convaincu que de nombreuses forêts ont été abattues. Les défrichements continuent, et il est constant que la retraite des eaux, bien que beaucoup plus lente, n'a pas entièrement cessé.

Le lac de Fuquené, situé dans la même vallée, à l'est d'Ubaté, mérite toute notre attention. Par des mesures barométriques faites avec un soin extrême, j'ai trouvé qu'il a la même élévation que ceux d'Ubaté. Il y a près de deux siècles que ce lac fut visité par don Lucas Fernandes de Piedrahita, évêque de Panama, à qui l'on doit l'*Histoire de la conquête de la Nouvelle-Grenade;* cet auteur, dont j'ai eu plus d'une fois l'occasion de constater l'exactitude

---

([1]) J'ai trouvé la hauteur de ces lacs de 2562^{m}.

([2]) L'abaissement du niveau moyen d'un lac est d'autant plus facile à constater, qu'une baisse de 3 à 4 pouces met souvent à sec une très grande surface de terrain.

qu'il a mise dans l'évaluation des distances, donne au lac de Fuquené 10 lieues de longueur sur 3 lieues de largeur ([1]). Par une circonstance des plus heureuses, le Dr Roulin a eu, il y a quelques années, l'occasion de lever un plan de ce lac, auquel il a trouvé 1 lieue ½ de longueur sur 1 lieue de largeur.

On pourrait craindre que les dimensions adoptées par Piedrahita ne soient exagérées. Je ne le crois pas, et, en m'appuyant d'un côté sur mes nivellements barométriques, de l'autre sur le silence qu'ont gardé les chroniqueurs à l'égard des lacs d'Ubaté, silence d'autant plus remarquable qu'ils ont cité des amas d'eau beaucoup moins considérables, j'incline à croire qu'à l'époque où l'évêque de Panama visitait ce pays il n'y avait qu'un seul grand lac, continuant sans interruption depuis Ubaté jusqu'à Fuquené. Dans cette supposition, l'évaluation de Piedrahita n'a plus rien d'exagéré. Au reste, le fait de la retraite des eaux est plus important que l'évaluation de la surface du terrain laissé à sec : les habitants de Fuquené savent que le village fut bâti très près du lac; aujourd'hui il se trouve à environ 1 lieue. Anciennement, on se procurait aisément à Fuquené les bois de construction ; les montagnes dominant de part et d'autre de la vallée étaient couvertes, jusqu'à une certaine hauteur, d'arbres propres à ces régions froides : le chêne de la Cordillère (*encino*) y abondait; ainsi que de nombreux lauriers (*myrica*), dont on tirait de la cire. Maintenant, ces montagnes sont presque totalement déboisées : c'est principalement l'exploitation des sources salées de Taosa et d'Enemocon qui a été la cause de la destruction rapide des bois dans les environs d'Ubaté et de Fuquené. A tous ces faits authentiques, et que je pourrais au besoin multiplier, on peut répondre que la disparition des eaux, tout incontestable qu'elle soit, aurait peut-être

---

([1]) Piedrahita, *Historia de la conquista de la Nueva Granada*, p. 5.

eu lieu sans le déboisement. On peut soutenir à la rigueur que le dessèchement est dû à une tout autre cause, à nous inconnue, et qu'il faut la ranger parmi les nombreux phénomènes dont nous constatons la réalité, sans qu'il nous soit donné de les expliquer.

Je n'ai pas à citer ici, comme pour le lac de Valencia, une recrudescence occasionnée par l'abandon de la culture et l'apparition de nouveaux bois. Je pourrais cependant invoquer en faveur de l'opinion que je défends la lenteur du dessèchement dans la vallée de Fuquené depuis que l'abatage des arbres a presque totalement cessé. Les cultivateurs, ne voyant plus se former aussi rapidement qu'autrefois ces terrains fertiles émergés du lac, pensent déjà au moyen d'obtenir directement ce qu'ils obtenaient par l'effet du déboisement du pays. C'est dans ce but qu'en 1826 des spéculateurs avisaient au moyen propre à dessécher entièrement le fond de la vallée, en ouvrant une issue aux eaux. Je vais montrer maintenant que des lacs placés dans une situation telle que jamais aucun déboisement n'a eu lieu dans leurs alentours n'ont éprouvé aucun changement de niveau.

Je commencerai par le lac de Tota, parce qu'il n'est pas très éloigné de Fuquené, qu'il se trouve d'ailleurs dans des circonstances géologiques semblables, et qu'il est en même temps le lac le plus curieux qu'on puisse rencontrer dans toute la Nouvelle-Grenade.

Le lac Tota est sur un point très élevé de la Cordillère de Sogamoso; son élévation doit approcher de 4000^{m}. A cette hauteur, la végétation disparaît presque entièrement. On aperçoit çà et là, dispersées sur la roche de grès, quelques-unes des plantes qui caractérisent la région des Paramos : des Saxifrages, des Frelejones enduits d'un épais duvet, et les Graminées, semblables à de la paille sèche, qui ont fait donner aux savanes le nom de *pajonales*.

Le lac est à peu près circulaire, et Piedrahita, qui le

visita en 1652, lui donne 2 lieues de diamètre; ses eaux, quand elles sont soulevées par les vents, forment des vagues qui rendent la navigation dangereuse. Une tradition bien antérieure à la découverte de l'Amérique fait résider dans le lac un monstre marin; c'est lui qui agite ses eaux et les verse sur le chemin tracé sur le rivage.

Des personnes dignes de foi m'ont assuré avoir vu à la surface du lac, non un monstre, comme l'affirment les Indiens, mais bien une masse d'eau s'élever subitement et communiquer en retombant une agitation telle à la masse liquide, que les vagues viennent inonder la route. Tout le monde reconnaîtra à cette description un phénomène analogue aux seiches du lac de Genève. Les Indiens ont la prétention de pouvoir prédire, par l'aspect de l'atmosphère, l'agitation des eaux, ou, comme ils le disent, si le lac doit se fâcher; il est alors prudent de ne pas se mettre en route. En 1652, le chemin passait, comme il passe encore aujourd'hui, tout au bord du lac, et les seiches, qui se succédaient alors avec autant de fréquence qu'à présent, rendaient le trajet tout aussi dangereux, la route se trouvant comprise entre le lac et un mur de rochers élevés. Les eaux baignent les mêmes roches, et leur niveau n'a pas éprouvé plus de changement que la contrée déserte et stérile qui les environne.

Peut-être trouvera-t-on que je ne devais pas faire entrer comme élément de la discussion la description d'un lac placé à la dernière limite de la vie végétale.

Dans la crainte que l'exemple que j'ai cru devoir choisir, parce qu'il me paraissait frappant, doive être repoussé précisément parce qu'il est pris au milieu d'une contrée rocheuse et pour ainsi dire dénuée de végétation, je me vois forcé de décrire de nouveaux lacs, moins élevés que celui de Tota, et dont les eaux sont restées stationnaires depuis des siècles, bien qu'ils soient au centre d'un pays riche par son agriculture, mais dont l'aspect n'a pas été

modifié depuis les temps historiques; c'est près de l'équateur, dans la province de Quito, que je les ai étudiés.

En laissant Ibarra pour se rendre à Quito, on traverse une vallée charmante, dans laquelle se rencontre le lac de San-Pablo; les Indiens lui conservent son ancien nom de Chilcapan; j'ai trouvé qu'il est élevé de 2763^{m} au-dessus de l'Océan. La température correspondante à cette hauteur ne permet plus la culture du blé ni celle du maïs; mais on aperçoit de nombreux champs d'orge, d'avoine et de pommes de terre. Tout le fond du pays consiste en beaux pâturages; les collines sont couvertes de moutons que l'on élève pour l'exploitation des laines qui alimentent les fabriques de draps de la province. Les villages voisins du lac existaient bien avant la conquête. La masse de la population est encore purement indienne; elle a conservé ses usages, son idiome; les choses paraissent se trouver dans l'état où elles étaient sous l'empire des Incas. La seule différence essentielle qu'il soit peut-être possible de signaler, c'est le pacage des moutons, qui a remplacé celui des lamas; toutefois, ces derniers animaux sont encore assez communs : on rencontre fréquemment des troupeaux de lamas, chargés de marchandises, conduits par un Indien.

Un fait admis par tout le monde, c'est que le plateau de San-Pablo n'est plus boisé depuis un temps immémorial. Déjà sous les Incas, c'était une terre de pacage. Des bergeries établies depuis plus d'un siècle au bord du lac n'ont pas vu le rivage s'éloigner, et la route suivie par Huayna-Capac quand il partit de Quito pour aller faire la conquête d'Otavalu fixe encore aujourd'hui la limite des eaux.

La Cordillère qui sépare la vallée de San-Pablo des côtes de la mer du Sud est couverte, sur la pente orientale, de forêts presque impénétrables. J'indique cette circonstance parce que j'ai la conviction qu'un grand déboisement qui aurait lieu au-dessous d'un lac alpin, même

à une assez grande distance, influerait encore sur le niveau des eaux.

Je pourrais citer, sans m'éloigner beaucoup de la localité que je viens de faire connaître, le singulier lac de Cuicocha, sur un sol trachytique, dans lequel deux îles. examinées avec beaucoup de soin par le colonel Hall, attestent la stabilité et la constance de son niveau. L'étude du lac de Yaguar-Cocha, ou le *lac de sang*, nommé ainsi depuis que Huayna-Capac rougit ses eaux avec le sang de trente mille Indiens Cañares qu'il y fit égorger, nous conduirait à un résultat semblable. Ces deux lacs n'ont aucune issue; et si j'ai choisi de préférence celui de Chilcapan, c'est précisément parce qu'il a une ouverture naturelle au nord, par laquelle sort le rio Blanco. J'ai voulu montrer que, ainsi que je l'ai dit en commençant, les observations faites sur des lacs ouverts n'étaient pas à rejeter. L'effet que doit tendre à produire un cours d'eau sortant d'un lac est de creuser, d'approfondir le point d'écoulement, et par suite de déterminer l'abaissement des eaux. J'ai fait voir que, malgré cette circonstance, les eaux du Chilcapan n'ont pas baissé sensiblement. En examinant avec attention la roche de trachyte là où le rio Blanco prend naissance, je n'ai rien reconnu indiquant une action érosive du cours d'eau. Dans les nombreuses cascades que j'ai été à même d'examiner, je crois avoir reconnu qu'en effet une masse d'eau pouvait, en tombant, creuser profondément les pierres les plus dures; mais je n'ai pas observé que l'action de l'eau soit bien marquée lorsqu'elle coule sur une roche, à moins que le cours d'eau n'entraîne, comme c'est généralement le cas pour les torrents, des cailloux dont le frottement continuel parvient à user la surface de la roche sur laquelle ils glissent.

Je terminerai ce que j'ai à dire sur les lacs de l'Amérique méridionale en parlant de celui de Quilatoa déjà situé dans l'autre hémisphère, parce qu'il a été exactement

observé, à deux époques suffisamment distantes, en 1738 et en 1831.

Quand on séjourne à Latacunga, ville située à peu de distance de Cotopaxi, on entend souvent parler des merveilles de la laguna de Quilatoa. De temps à autre, ce lac jette des flammes embrasant les arbustes qui croissent sur ses bords; il produit de fréquentes détonations dont le bruit s'entend à une très grande distance. Il n'en fallait pas davantage pour déterminer La Condamine, qui en septembre 1738 était à Latacunga, à entreprendre une excursion au lac de Quilatoa. Il reconnut à ce lac 200 toises de diamètre, car il est tout à fait circulaire; il s'en fallait de 20 toises environ que l'eau n'atteignît le point le plus élevé de ses bords escarpés.

Le 28 novembre 1831, je me trouvais aussi près du lac de Quilatoa. On ne saurait mieux le comparer qu'à un cratère dont le fond est rempli d'eau. J'ai trouvé son altitude de 3918^{m}, c'est dire qu'il appartient à la région froide; en effet, il est entouré de pâturages étendus; 500^{m} plus bas se trouve la bergerie de Piliputzin; à l'est, la Cordillère, vers la côte, est couverte de forêts inexplorées. Les renseignements que me donnèrent les bergers firent disparaître tout le merveilleux attribué au lac: jamais ils n'avaient vu de flammes sortir des eaux; jamais ils n'avaient entendu de détonations. Le résultat de mon excursion au lac de Quilatoa fut de constater que rien n'était changé depuis La Condamine; on assistait à la même scène à un siècle de distance : des moutons, et un berger causant avec un homme de science au bord d'un lac dont l'eau était parfaitement calme.

L'étude des lacs d'Asie conduirait probablement à un résultat conforme à celui déduit des observations faites dans l'Amérique méridionale, savoir que les eaux arrosant une contrée diminuent à mesure que les déboisements se multiplient, que la culture prend de l'extension. Les tra-

vaux récents de Humboldt, en jetant un jour si nouveau sur cette partie du globe, semblent ne laisser que peu de doute à cet égard. Après avoir fait voir que le système de l'Altai va s'éteindre par une suite de coteaux dans les steppes de Kirghiz, et que, par conséquent, la chaîne de l'Oural ne se lie pas à l'Altai, ainsi qu'on le croyait généralement, ce célèbre géographe montre que précisément là où l'on avait coutume de placer les monts Alghiniques commence une région remarquable de lacs qui se continue dans les plaines traversées par les rivières d'Ichim, d'Omsk et d'Ob (1). On dirait que ces lacs nombreux sont le résidu de l'évaporation d'une grande masse d'eau ayant couvert jadis tout le pays et qui aurait été fractionnée en autant de lacs particuliers par suite de la configuration du sol. En traversant la steppe de Baraba pour se rendre de Tobolsk à Baruaoul, de Humboldt a vu que partout le dessèchement augmente rapidement par l'effet de la culture.

L'Europe possède aussi ses lacs, et il reste à les examiner sous le point de vue qui nous occupe. J'ai parcouru trop rapidement la Suisse pour que mon attention ait pu être suffisamment dirigée sur les lacs de cette intéressante contrée. Heureusement, un observateur illustre nous a laissé des documents précieux apportant de nouvelles preuves de l'influence de la culture sur la diminution des eaux.

De Saussure, dans ses premières recherches sur la température des lacs de la Suisse, examina ceux qui sont placés au pied de la première ligne du Jura.

Le lac de Neuchâtel a 8 lieues de longueur; sa plus grande largeur ne dépasse pas 2 lieues. De Saussure fut frappé, en le visitant, de l'étendue que ce lac devait avoir autrefois, car, dit-il, les grandes prairies horizontales et

---

(1) Humboldt, *Fragments asiatiques*, t. I, p. 40-50.

marécageuses qui le terminent au sud-ouest ont été indubitablement couvertes d'eau.

Le lac de Bienne a 3 lieues de longueur sur 1 de largeur; il est séparé de celui de Neuchâtel par une suite de plaines qui furent vraisemblablement inondées.

Le lac Morat est aussi séparé du lac de Neuchâtel par des marais horizontaux, qui, à n'en pas douter, étaient autrefois submergés. Alors, ajoute de Saussure, les trois grands lacs de Neuchâtel, de Bienne et Morat étaient réunis dans un seul bassin ([1]).

En Suisse, comme en Amérique, comme en Asie, les anciens lacs, qu'on pourrait appeler les *lacs primitifs*, ceux qui occupaient le fond des vallées lorsque le pays était inculte et sauvage, se sont divisés, par l'effet du dessèchement, en un certain nombre de lacs indépendants.

Je terminerai la tâche que je me suis imposée en utilisant, dans l'intérêt de la discussion, les observations de de Saussure sur le lac de Genève, le point de départ des grands travaux de ce physicien célèbre : personne ne l'a mieux étudié.

De Saussure admet qu'à une époque bien antérieure aux temps historiques les montagnes dominant le lac étaient ensevelies sous les eaux; une catastrophe occasionna une débâcle, et bientôt le courant n'occupa plus que le bas de la vallée : le lac de Genève fut formé.

En étudiant les monuments construits, on ne saurait douter que depuis douze à treize cents ans les eaux du lac de Genève ne se soient graduellement retirées. C'est évidemment sur les plages qu'elles ont abandonnées que le quartier de Rive et les rues basses ont été bâtis ([2]). Cet abaissement de la surface du niveau du lac, poursuit de Saussure, n'est pas seulement l'effet du creusement du canal

---

([1]) De Saussure, *Voyage dans les Alpes*, t. II, chap. XVI.
([2]) De Saussure, *Voyages*, t. I, chap. VI.

de décharge : il a été produit aussi par une diminution dans la quantité des eaux affluentes.

La conséquence qu'il est permis de tirer de ces observations, c'est que depuis douze à treize cents ans les eaux courantes ont diminué graduellement dans les contrées voisines du lac de Genève. On ne contestera pas, je pense, que durant cette longue période il n'y ait eu en Suisse d'importants défrichements et un progrès croissant dans la culture de ce beau pays.

Par l'examen des niveaux des lacs, nous sommes arrivés à cette conclusion que, dans les contrées où se sont opérés des défrichements, il y a eu très probablement diminution dans les eaux vives à la surface du terrain, tandis que là où il ne s'est effectué aucun changement l'eau ne paraît pas avoir subi de variation.

Les forêts auraient donc pour effet d'abord de conserver les eaux destinées aux usines et aux canaux, et ensuite de s'opposer à ce que les eaux pluviales se réunissent et s'écoulent avec une trop grande rapidité.

Qu'un sol couvert d'arbres soit moins propre à l'évaporation qu'un terrain déboisé, c'est ce qu'on admettra sans discussion; mais, pour bien observer les différences de ces deux conditions, il faut voyager sur une route traversant successivement un pays découvert et un pays boisé, quelque temps après une saison pluvieuse. On remarque alors que les parties de la route ouverte dans la forêt sont encore couvertes de boue, lorsque déjà celles qui sont tracées sur le terrain découvert sont entièrement sèches.

C'est surtout dans l'Amérique méridionale que la difficulté de l'évaporation sur un sol ombragé par des forêts épaisses est plus tranchée. Dans les forêts, l'humidité est constante, même longtemps après la saison des pluies; les sentiers, pendant toute l'année, sont de véritables bourbiers; l'unique moyen de dessécher ces routes forestières

est de leur donner une largeur de 80^{m} à 100^{m}, ce qui revient à dire qu'il faut exécuter un défrichement.

Une fois admis que les eaux courantes diminuent par l'effet du déboisement, il convient d'examiner si cette diminution provient d'une moindre quantité de pluie ou d'une plus grande évaporation, ou bien encore si elle est due aux irrigations.

J'ai posé en principe, dans le commencement de ce Mémoire, qu'il devait être à peu près impossible de faire nettement la part de ces différentes causes. J'essayerai toutefois, en terminant, de les apprécier d'une manière générale. La discussion gagnera déjà quelque chose si l'on prouve qu'il peut y avoir diminution d'eaux courantes par l'effet seul du défrichement.

Pour ce qui est relatif à l'irrigation, il faut nécessairement distinguer entre le cas où une grande culture est substituée à la forêt et celui où un terrain aride, non boisé, est rendu cultivable par l'industrie de l'homme. Dans le premier cas, il est assez probable que l'irrigation ne contribue que pour fort peu de chose dans l'altération de la masse d'eaux courantes, car on peut bien admettre que la quantité d'eau consommée pour le compte de la végétation d'une surface donnée de forêt doit égaler, sinon surpasser, celle qui sera absorbée par une surface égale, livrée à la culture après le déboisement. Alors, l'influence exercée par ce terrain cultivé rentre dans la condition d'un sol défriché, agissant uniquement en favorisant l'évaporation des eaux pluviales. Dans le second cas, c'est-à-dire dans celui où une grande étendue de pays inculte aura été couverte de culture, il y aura évidemment consommation d'eau par la végétation qu'on y aura favorisée; l'introduction de l'industrie agricole tendra donc à diminuer les cours d'eau qui sillonnent ce pays. C'est très probablement à une circonstance semblable qu'il faut attribuer le dessèchement graduel des lacs qui jaugent une

grande partie des eaux vives du nord de l'Asie. Il est à peu près inutile d'ajouter que, dans une circonstance de ce genre, l'effet dû seulement à l'évaporation des eaux pluviales n'est pas augmenté ; cet effet doit plutôt être moindre, car, sur un sol couvert de plantes, l'eau s'évapore plus difficilement que sur un sol dénué de végétation.

Dans les considérations présentées sur les lacs de Venezuela, de la Nouvelle-Grenade et de la Suisse, on peut attribuer directement la disparition d'une partie des eaux courantes tributaires de ces lacs à une moindre quantité de pluie; mais on peut soutenir avec tout autant de raison qu'elle est simplement la conséquence d'une évaporation plus rapide des eaux pluviales. Il est effectivement des circonstances sous l'influence desquelles la diminution des eaux vives est occasionnée par une évaporation plus active. J'ai entendu citer à ce sujet un bon nombre d'exemples ; mais, dans une discussion de ce genre, c'est moins des faits nombreux que des faits bien avérés qu'il convient d'adopter. Pour ce motif, je me bornerai à rapporter deux observations : l'une est due à M. Desbassyns de Richemond, qui l'a recueillie à l'île de l'Ascension ; l'autre est au nombre des observations que j'ai enregistrées pendant un séjour aux mines d'or de Marmato.

Dans l'île de l'Ascension, on a vu une belle source, placée au bas d'une montagne primitivement boisée, perdre son abondance et se tarir lorsqu'on eut coupé les arbres qui couvraient la montagne. On attribua la perte de la source au déboisement. On boisa de nouveau, et, quelques années après, la source reparut peu à peu et coula bientôt avec son ancienne abondance.

La montagne métallifère de Marmato est dans la province de Popayan, au milieu de forêts immenses. Le cours d'eau sur lequel les bocards sont établis est formé par la réunion de plusieurs petits ruisseaux prenant

naissance sur le plateau de San-Jorge : c'est un espace extrêmement boisé situé au-dessus des usines.

En 1826, lorsque je visitais ces mines pour la première fois, Marmato consistait en quelques misérables cabanes habitées par des nègres esclaves. En 1830, époque à laquelle je quittai cette localité, Marmato présentait l'aspect le plus animé; on y voyait de grands ateliers, une fonderie d'or, des machines pour diviser et amalgamer le minerai. Une population libre de près de trois mille habitants se trouvait échelonnée sur la pente de la montagne : c'est dire que de copieuses coupes de bois avaient été faites, tant pour la construction des machines et des habitations que pour la fabrication du charbon. Pour la facilité du transport, les coupes avaient eu lieu sur le plateau de San-Jorge. Le défrichement durait à peine depuis deux ans que déjà l'on s'aperçut que le volume d'eau dont on dispose pour les machines avait diminué notablement. Le volume d'eau était mesuré (¹) par le travail des machines. La question était grave, car à Marmato une diminution dans la quantité d'eaux motrices est toujours suivie d'une diminution dans le produit en or.

A Marmato, à l'île de l'Ascension, il n'est nullement probable qu'un défrichement local et aussi limité ait pu influer assez sur l'état météorologique de l'atmosphère pour faire varier la quantité annuelle de pluie tombant sur la contrée. Il y a plus : à Marmato, aussitôt qu'on eut constaté la diminution des eaux, on s'empressa d'établir un pluviomètre (²). Dans le cours de la deuxième année d'observation, on mesura une quantité de pluie plus forte que celle recueillie pendant la première année, bien que les défrichements aient continué, et sans qu'on ait re-

---

(¹) Un jaugeage exact fait à différentes époques a prouvé une diminution réelle des eaux motrices.

(²) *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXI, p. 167.

marqué une augmentation appréciable dans les eaux motrices ([1]).

Il est donc vraisemblable que des déboisements locaux, très peu étendus, peuvent atténuer et même faire disparaître des sources et des ruisseaux, sans que cet effet puisse être attribué à une moindre quantité de pluie.

Il reste à examiner si les grands défrichements, tels que ceux embrassant un pays étendu, peuvent rendre les pluies moins abondantes. Les observations udométriques conduiront seules à résoudre la question. Malheureusement, les observations qu'il est permis de discuter sont trop peu anciennes, et en Europe elles ont été généralement commencées lorsque les grands déboisements étaient déjà effectués. Les États-Unis d'Amérique, où les forêts disparaissent avec une inconcevable rapidité, nous présenteront peut-être, dans un temps peu éloigné, une série précieuse de faits.

En étudiant, sous les tropiques, le phénomène de la pluie, je suis arrivé à me former sur la question du déboisement une opinion que j'ai déjà fait partager à plusieurs observateurs. Pour moi, il est constant qu'un défrichement étendu diminue la quantité annuelle de pluie qui tombe sur une contrée.

On a dit depuis longtemps que, dans les régions équinoxiales, l'époque de la saison pluvieuse revient chaque année avec une étonnante régularité : cela est exact; seulement, ce fait météorologique ne doit pas être énoncé d'une manière trop générale.

La régularité dans l'alternance des saisons sèches et pluvieuses est la plus grande possible dans les contrées qui

---

([1]) Deux années d'observations udométriques sont suffisantes, même entre les tropiques, pour accuser une variation dans la quantité annuelle de pluie; mais les observations de Marmato établissent que la masse d'eau courante a diminué, bien que la quantité de pluie ait été plus forte la deuxième année.

possèdent un territoire extrêmement varié. Ainsi, un pays offrant à la fois des forêts et des rivières, des montagnes et de grandes plaines, des lacs, des plateaux étendus, présente en effet des saisons périodiques parfaitement tranchées ([1]).

Il n'en est plus de même si le territoire est plus uniforme, s'il devient en quelque sorte spécial. L'époque du retour des pluies sera beaucoup moins régulière si les terrains découverts, arides, dominent, si des cultures d'une grande extension remplacent en partie les forêts, si les rivières sont moins communes, les lacs plus rares. On peut citer les provinces du Socorro, de Sogamoso, de Cumana, de Coro, de Cuenca vers Piura. Les pluies seront alors moins abondantes, et dans de semblable pays on éprouvera de temps à autre des sécheresses d'une longue durée.

Si, au contraire, des forêts épaisses recouvrent en presque totalité le territoire, si les rivières sont multipliées, les cultures limitées, l'irrégularité dans les saisons aura encore lieu, mais alors dans un sens différent. Les pluies domineront, et dans certaines années elles deviendront pour ainsi dire continuelles, comme au Choco et dans les forêts de l'Orénoque.

Le continent américain nous offre, sur un développement immense, deux régions placées sous les mêmes conditions de température, et dans lesquelles on rencontre successivement les circonstances les plus favorables à la formation de la pluie et celles qui lui sont entièrement opposées.

A partir de Panama, et en se dirigeant vers le sud, on trouve la baie de Cupica, les provinces de San-Buenaven-

---

([1]) Venezuela, les llanos, plateaux de la Nouvelle-Grenade, de Quito, plaines de la Magdalena, province d'Antioquia, provinces de Guayaquil, de Cartagena.

tura, du Choco et d'Esmeraldas; dans ce pays couvert de forêts épaisses et sillonnées par une multitude de rivières, les pluies sont presque continuelles. Dans l'intérieur du Choco, il ne se passe pas un jour sans pleuvoir. Au delà de Tumbez, vers Payta, commence un ordre de choses entièrement différent : les forêts ont disparu; le sol est sablonneux, la culture à peu près nulle. Ici, la pluie est pour ainsi dire inconnue; lorsque je me trouvais à Payta, il y avait, au dire des habitants, dix-sept ans qu'il n'avait plu.

Ce manque de pluie est commun dans tout le pays qui avoisine le désert de Sechura et s'étend jusqu'à Lima : dans ces contrées, les pluies y sont aussi rares que les arbres.

Ainsi, dans le Choco, dont le sol est couvert de forêts, il y pleut toujours; sur la côte du Pérou, dont le terrain est sablonneux, dénué d'arbres, privé de verdure, il n'y pleut jamais : et cela, comme je l'ai dit, sous un climat ayant la même température, et dont le relief et la distance aux montagnes sont à peu près les mêmes. Piura n'est pas plus éloigné des Andes de l'Assuay que ne le sont les plaines humides du Choco de la Cordillère occidentale.

Les faits que j'ai exposés dans ce Mémoire semblent établir :

1° Que les grands défrichements diminuent la quantité des eaux vives qui coulent à la surface du pays;

2° Qu'il est impossible de dire si cette diminution est due à une moindre quantité annuelle de pluie, à une plus grande évaporation des eaux pluviales, ou à ces deux effets combinés;

3° Que la quantité d'eaux vives ne paraît pas avoir varié dans les contrées qui n'ont subi aucun changement dus à la culture;

4° Qu'indépendamment de la conservation des eaux vives les forêts ménagent et régularisent leur écoulement;

5° Que la culture établie dans un pays aride et non couvert de forêts dissipe une partie des eaux courantes;

6° Que par des déboisements purement locaux des sources peuvent disparaître, sans qu'on soit en droit de conclure que la quantité annuelle de pluie ait diminué;

7° Qu'en se fondant sur des faits météorologiques recueillis dans les régions équinoxiales on doit présumer que les grands défrichements diminuent la quantité annuelle de pluie qui tombe sur une contrée.

SUR

LA DISSOCIATION DE L'ACIDE DES NITRATES

PENDANT

LA VÉGÉTATION ACCOMPLIE DANS L'OBSCURITÉ.

Dans la végétation à l'obscurité, on a reconnu que la plante étiolée pèse moins que la graine dont elle est issue; la balance accuse, en effet, une élimination persistante de matière, bien qu'il y ait organisation, développement de tiges, de racines, d'appendices de feuilles et aussi modification, transformation dans la nature des principes immédiats entrant dans la constitution de la semence. Le tissu des organes développés à l'abri de la lumière est ferme et fortement imprégné d'un liquide à réaction sensiblement acide. Les cotylédons sont donc pourvus des principes nécessaires à la vie de l'embryon; toutefois, la végétation nocturne a ce caractère d'être impuissante à fixer le carbone de l'acide carbonique de l'atmosphère. Il restait à rechercher si cette impuissance s'étendait aux substances fertilisantes que, dans les conditions ordinaires, les racines puisent dans le sol, si, par exemple, il y a pénétration dans la plante des composés azotés, tels que les nitrates, les sels à base d'ammoniaque. Cette question n'ayant pas été abordée dans mes précédentes études, j'ai cru devoir entreprendre quelques recherches, consistant à introduire du salpêtre dans le sol stérile où l'on déposait la semence, pour voir si, comme dans la végétation normale, c'est-à-dire à la lumière, ces sels disparaissent. On a d'abord constaté ce fait assez inattendu

que le nitrate disparaît en partie, c'est-à-dire qu'en ajoutant à un sol stérile une quantité déterminée de ces sels on ne la retrouve plus en totalité dans la récolte. J'ai exécuté ces recherches à deux époques. Les résultats auxquels j'étais arrivé d'abord ne me satisfaisant pas, j'ai cru devoir les vérifier et les compléter.

Je me bornerai, dans ce qui va suivre, à présenter les observations sans entrer dans les détails minutieux des procédés de dosage, déjà décrits dans d'autres Mémoires.

I. *Végétation des haricots à l'obscurité sous l'influence du nitrate de potasse.* — Dix haricots, pesant $10^{gr},553$, ont été plantés le 2 juin dans des fragments de pierre ponce préalablement lavés et calcinés. La ponce fut humectée avec 100^{cc} d'eau distillée exempte d'ammoniaque, tenant en dissolution $0^{gr},200$ de nitrate de potasse.

Le 5 juin, toutes les graines avaient germé dans la chambre noire.

Le 11 juin, on versa sur la ponce 50^{cc} d'eau tenant $0^{gr},100$ de nitrate.

Le 26 juin, on enleva la récolte.

A partir du collet des racines, les tiges avaient $0^{m},75$ de hauteur, et en diamètre $0^{m},006$; elles étaient blanches, tubulaires, gorgées d'un liquide à réaction acide. Les folioles, d'un jaune pâle, étaient fixées à des pétioles de $0^{m},1$ de longueur.

Les racines mesuraient $0^{m},30$ à $0^{m},40$; on n'y apercevait pas de moisissures.

	gr
Les tiges, les folioles, les cotylédons, encore adhérents, pesaient	67,50
Les racines	26,00
Poids des plants sortant de la chambre noire.	93,50

Dosage de l'ammoniaque dans les plants. — On fit deux opérations successives, en opérant chaque fois sur la moitié de la récolte, que l'on traitait par la magnésie pure au bain-marie, à une température ne dépassant pas 100°.

	Ammoniaque.
	gr
La première moitié a donné............	0,0051
La seconde moitié »	0,0047
	0,0098

Les graines renferment généralement de faibles quantités d'ammoniaque. Un dosage fait sur des semences de même origine indiqua que dans les 10gr,553 de haricots il entrait :

	gr
Ammoniaque........................	0,0034
» trouvée dans la récolte......	0,0098
Ammoniaque apparue pendant la végétation à l'obscurité......................	0,0064

Dosage du nitrate de potasse dans le sol et dans la récolte. — Après le traitement par la magnésie pour retirer l'ammoniaque, on détermina les quantités d'acide nitrique restées dans le sol ou absorbées par les plantes :

	gr
Trouvé dans la récolte, en acide nitrique, l'équivalent de nitrate de potasse......	0,1388
Dans le sol........................	0,0248
Nitrate retrouvé....................	0,1636
Nitrate introduit....................	0,3000
Nitrate disparu....................	0,1364

Cette disparition de 0gr,1364 de nitrate, dans lesquels il entrait 0gr,019 d'azote, eut lieu en vingt et un jours.

II. *Végétation à l'obscurité sans le concours du nitrate de potasse.* — Le 2 juin, dix graines de haricot de même provenance que celles employées dans l'expérience I, pesant 10gr,323, ont été déposées dans de la pierre ponce purifiée, humectée et arrosée avec de l'eau distillée exempte d'ammoniaque.

Le 24 juin, la récolte présentait l'aspect de celle obtenue avec le concours du salpêtre :

Hauteur des plants............	$0^{m},78$ à $0^{m},79$
Diamètre des tiges............	$0^{m},004$
Poids des plants sortant de la chambre noire..............	$76^{gr},8$

Tiges remplies d'un liquide acide; racines très développées, ne portant pas d'indices de moisissures.

Dans la totalité des plants, on a dosé $0^{gr},019$ d'ammoniaque, un peu plus que dans l'expérience I.

III. *Végétation du maïs à l'obscurité avec le concours du nitrate de potasse.* — Le 2 juin, planté dans un sol de pierre ponce vingt graines de maïs pesant $11^{gr},197$, après qu'on eut humecté le sol avec 100^{cc} d'eau renfermant $0^{gr},200$ de nitrate.

Le 11 juin, ajouté au sol 50^{cc} d'eau tenant $0^{gr},100$ de nitrate.

Le 28 juin, on enleva les plants; sur quelques fragments d'épispermes, on aperçut une trace de moisissure verte; les plants étaient d'ailleurs en excellent état; le plus grand avait une hauteur de $0^{m},50$. Les feuilles, d'une teinte jaune paille, atteignaient une longueur de $0^{m},30$ sur une largeur de $0^{m},01$.

	gr
Les tiges garnies de feuilles ont pesé.....	45,00
Les racines.........................	12,30
Les épispermes......................	14,95
Poids de la récolte en sortant de la chambre noire..............................	72,25

Dosage de l'ammoniaque. — Deux opérations, exécutées chacune sur la moitié des plants, ont donné :

	Ammoniaque. gr
Première moitié......................	0,0024
Seconde moitié......................	0,0034
	0,0058

Dosage de l'acide nitrique :

	gr
Dans la totalité de la récolte trouvé acide équivalent à nitrate de potasse........	0,1025
Dans le sol (pierre ponce)...............	0,0020
Nitrate retrouvé	0,1045
Nitrate introduit......................	0,3000
Nitrate détruit en vingt-cinq jours...	0,1955

IV. *Végétation du maïs à l'obscurité sans le concours du nitrate de potasse.* — Le 3 juin, mis dans la pierre ponce purifiée et humectée avec de l'eau exempte d'ammoniaque vingt graines de maïs pesant $11^{gr},282$. Le 6, la germination se manifesta.

Le 28 juin, les plants, en bonne condition, atteignaient la hauteur de $0^{m},40$ à $0^{m},50$. Diamètre des tiges, $0^{m},004$. Feuilles jaune paille de $0^{m},28$ de long sur $0^{m},01$ de large.

	gr
Poids des tiges et feuilles................	25,45
Racines, épispermes....................	29,70
	55,15

Cette récolte, non desséchée, pesait notablement moins que celle venue sous l'influence du salpêtre.

	Ammoniaque.
	gr
Dans la première moitié des plants, on a dosé.	0,0034
Dans l'autre moitié.....................	0,0028
Total.............	0,0062

On constata l'absence de l'acide nitrique.

V. *Végétation des haricots à l'obscurité avec le concours du nitrate de potasse.* — Le 8 août, planté dans du sable quartzeux purifié deux haricots pesant ensemble $1^{gr},825$. Le sol fut humecté avec de l'eau renfermant $0^{gr},100$ de nitrate de potasse.

Le 28, on pesa les plants, qui avaient $0^{m},40$ de hauteur.

	Humides.	Sèches.
	gr	gr
Tiges et feuilles............	12,17	0,913
Racines, épispermes........	3,93	0,335
	16,10	1,244

La perte de matière contenue dans les graines a été de 31,4 pour 100.

	Nitrate de potasse.
	gr
Dans la récolte, on a dosé...............	0,059
Dans le sable »	0,004
Nitrate retrouvé	0,063
Nitrate introduit.........................	0,100
Nitrate disparu	0,046

VI. *Végétation du maïs à l'obscurité avec le concours du nitrate de potasse.* — Le 8 août, trois graines, pesant ensemble $1^{gr},314$, ont été placées dans du sable quartzeux, humecté avec de l'eau tenant en dissolution $0^{gr},100$ de nitrate.

Le 30, les plants retirés de la chambre noire pesaient :

	Humides.	Sèches.
	gr	gr
Tiges et feuilles.............	3,86	0,255
Racines, épispermes..........	5,42	0,698
Total.........		0,953
Les grains pesaient..........		1,314
Différence.....		0,361

Le poids de la matière éliminée a été de 27,5 pour 100.

	Nitrate de potasse.
	gr
Dans la récolte on a dosé...........	0,0338
Dans le sable, »	0,0160
Nitrate retrouvé.....................	0,0498
Nitrate introduit	0,1000
Nitrate disparu..................	0,0502

VII. *Végétation des haricots à l'obscurité avec le concours du nitrate de potasse.* — Le 8 août, huit graines pesant 9^{gr},11 furent plantées dans un sol de pierre ponce qu'on arrosa avec de l'eau renfermant 0^{gr},400 de nitrate.

Le 1er septembre, les plants étaient dans de bonnes conditions; sur les racines on ne voyait aucun indice de moisissures.

	gr
Tiges et feuilles ont pesé..............	50,20
Racines, épispermes..................	13,50
Total.........	63,70

	Nitrate de potasse.
	gr
Dans la récolte on a dosé...........	0,064
Dans le sol »	0,018
Nitrate retrouvé.....................	0,082
Nitrate introduit.....................	0,400
Nitrate disparu..................	0,318

VIII. *Végétation du maïs à l'obscurité avec le concours du nitrate de potasse.* — Le 10 octobre, quinze graines furent mises à germer dans du sable de rivière préalablement lavé et calciné. Lorsque les radicelles eurent 0^{m},01 de longueur, les graines furent placées dans la chambre noire. Le sol a été entretenu dans un état convenable d'humectation, en l'arrosant avec une dissolution de nitre à 0,01; le poids du sel apporté par l'eau s'est élevé à 0^{gr},100.

Le 26 octobre, les tiges ayant 0^{m},15 de hauteur, on dosa :

	Nitrate de potasse.
	gr
Dans les plants....................	0,017
Dans le sol........................	0,003
Nitrate retrouvé.....................	0,020
Nitrate introduit.....................	0,100
Nitrate disparu................	0,080

Deux expériences analogues furent faites parallèlement avec du blé et du maïs. Voici les résultats :

IX. *Blé*. — Dosé :

	Nitrate.
	gr
Dans les plants	0,136
Dans le sol	0,004
Nitrate retrouvé	0,140
Nitrate introduit	0,200
Nitrate disparu	0,060

X. *Maïs*. — Dosé :

	Nitrate.
	gr
Dans les plants	0,040
Dans le sol	0,003
Nitrate retrouvé	0,043
Nitrate introduit	0,200
Nitrate disparu	0,157

XI. *Recherche de l'ammoniaque dans les plants venus à l'obscurité, sous l'influence du nitrate de potasse.* — J'ai cru devoir faire une nouvelle expérience pour constater si réellement, pendant une végétation accomplie à l'obscurité sous l'influence du nitrate, il n'y a pas formation d'ammoniaque.

On a fait germer et développer des graines de froment sur du sable lavé et calciné, qu'on a entretenu humide avec de l'eau exempte d'ammoniaque, dans laquelle il y avait $\frac{1}{100}$ de nitrate de potasse.

Après quinze jours de végétation dans la chambre noire, on procéda au dosage de l'ammoniaque dans la moitié des plants, ayant alors une hauteur de $0^{m},25$ à $0^{m},30$. On avait successivement introduit dans le sol $0^{gr},100$ de nitrate.

On trouva dans la moitié de la récolte $0^{gr},0015$ d'ammoniaque, soit $0^{gr},003$ pour la totalité.

L'autre moitié fut exposée à la lumière. Les feuilles

prirent en peu de temps la couleur verte, et ce qu'il y eut de remarquable, c'est qu'après cette coloration l'on n'y trouva plus d'ammoniaque. On ne saurait attribuer cette disparition de l'alcali à la volatilité, puisqu'il devait s'être uni à l'acide que renferme constamment le liquide de l'organisme d'une plante étiolée. Très probablement l'ammoniaque, ou plutôt ses éléments avaient été assimilés. Je n'ai pas besoin d'ajouter que les $0^{gr},0015$ d'ammoniaque qu'aurait dû renfermer le végétal ne pouvaient échapper au dosage.

Cette observation confirme les résultats obtenus précédemment, établissant que, durant la végétation à l'obscurité, le nitre que l'on fait intervenir ne donne pas lieu à une production appréciable d'ammoniaque. Ainsi, dans l'expérience actuelle, les $0^{gr},100$ de nitrate auraient pu former $0^{gr},017$ d'alcali : or, dans la récolte, l'analyse n'en a signalé que $0^{gr},003$, dont une partie sans doute appartenait aux semences, par cette raison que, généralement, les grains de froment contiennent du phosphate ammoniaco-magnésien. Il n'était pas sans intérêt de montrer combien est insignifiante la production de l'ammoniaque dans cette circonstance, parce qu'on a émis l'opinion qu'une fois porté dans une plante l'azote de l'acide du salpêtre est transformé en ammoniaque, de sorte que, en définitive, un nitrate agirait dans la végétation à la manière des sels ammoniacaux. Si cette transformation a lieu, on doit admettre que c'est seulement sous l'influence de la lumière, puisque, dans l'obscurité, un plant, après avoir fait disparaître de fortes proportions de nitrate de potasse, ne donne néanmoins que d'infimes quantités d'ammoniaque, différant à peine de celles que l'on dose dans les plantes venues à l'obscurité sans l'intervention du salpêtre.

J'ai fait un assez grand nombre d'observations analogues à celles que je viens de faire connaître, avec les semences

de ricin, d'orge, d'hélianthus : toujours, dans la plante étiolée, dans le sol, on n'a pas retrouvé tout le nitrate de potasse qu'on avait mis. J'ajouterai que le résultat d'une expérience n'était accepté qu'autant qu'il y avait absence de moisissures sur les racines, parce que l'on sait avec quelle promptitude les cryptogames détruisent, en en assimilant l'azote, les nitrates avec lesquels ils se trouvent en contact.

La disparition du nitrate de potasse, en supposant que ce sel soit décomposé, doit nécessairement laisser libre de la potasse; on en a rencontré effectivement dans le sol, et il est à croire qu'une autre partie de cet alcali se combine à l'acide de la sève des plantes étiolées. Quant à l'azote résultant de la dissociation de l'acide nitrique, est-il éliminé à l'état gazeux ou assimilé par le végétal ? Pour répondre à ces questions, il devenait nécessaire de comparer la teneur en azote des semences à la teneur en azote du végétal développé à l'abri de la lumière.

I *bis*. *Expérience faite avec le maïs*. — On fit un choix des graines ayant chacune à très peu près le même poids : $0^{gr},455$.

Dix-neuf de ces graines ont été mises à germer sur du gros sable de rivière débarrassé de toute matière organique, ayant une épaisseur de $0^{m},05$ et placé dans la chambre noire. Le sol fut humecté avec de l'eau exempte d'ammoniaque et tenant $0^{gr},08$ de nitrate de potasse.

	Nitrate.
	gr
1er mars, introduit par l'arrosage..........	0,400
3 » »	0,400
6 » »	0,400
9 » »	0,400
13 » »	0,800
18 » »	0,800
	3,200

Les plants furent enlevés le 26 mars ; tiges rigides ; racines très développées, exemptes de moisissures.

La récolte a pesé $34^{gr},35$.

	gr
Tiges et feuilles desséchées..................	1,348
Racines..	0,675
Épispermes.....................................	3,749
	5,772

Azote dans les graines. — 2^{gr} de graines, à l'état où elles avaient été déposées dans le sol, ont donné par la combustion (procédé Dumas) : $31^{cc},65$ de gaz azote à la température 0° et sous la pression $0^{m},76$, après correction pour le bioxyde ; en poids, $0^{gr},039$; pour 100, 1,95. Dans les dix-neuf graines plantées, pesant $8^{gr},645$: azote, $0^{gr},168$.

Azote dans la récolte pesant $5^{gr},772$. — $1^{gr},334$ de récolte, renfermant des parties proportionnelles de tiges, feuilles, racines, épispermes, ont produit : gaz azote, $41^{cc},85$ à 0° et sous la pression $0^{m},76$; en poids, $0^{gr},052$.

	Azote.
	gr
Dans la totalité de la récolte..............	0,225
Dans les graines..........................	0,168
Différence........	0,057

L'excès d'azote trouvé dans la récolte pouvant provenir du nitrate absorbé par les plants avec l'eau d'arrosage, soit en nature, soit à l'état d'ammoniaque, soit enfin de l'azote qui aurait été fixé, on a dû doser dans la récolte et dans le sol d'abord l'ammoniaque, ensuite l'acide nitrique.

Ammoniaque. — De $1^{gr},334$ de récolte sèche on a retiré $0^{gr},0024$ d'ammoniaque. La totalité de la récolte ($5^{gr},772$) en aurait fourni $0^{gr},0104 = 0^{gr},009$ d'azote.

Acide nitrique. — Dans $1^{gr},334$ de récolte sèche on a

trouvé $0^{gr},0385$ d'acide, pour la totalité de la récolte $0^{gr},167$, soit $0^{gr},0432$ d'azote ou $0^{gr},312$ de nitrate de potasse.

Il y a lieu, par conséquent, de retrancher de l'azote de la récolte $0^{gr},225$

	gr
L'azote attribuable à l'ammoniaque........	0,0090
L'azote de l'acide nitrique...............	0,0432
	0,0522
Azote appartenant à la matière organique de la récolte...........................	0,1728
Azote dans les graines ayant donné la récolte...	0,1680
Différence.......	0,0048

On voit qu'il y a presque égalité entre les quantités d'azote contenues dans les semences et dans les plants récoltés, la différence $0^{gr},0048$ étant comprise dans la limite des erreurs possibles dans une suite d'analyses délicates. Considérons maintenant quelles étaient les quantités de nitrate de potasse au commencement et à la fin de l'expérience.

	Nitrate de potasse.
	gr
Dans les plants on a vu que l'analyse a indiqué..	0,312
Un dosage exécuté sur la totalité du sol en a donné.	1,594
Nitrate retrouvé..........................	1,906
Nitrate introduit dans le sol..............	3,200
Nitrate disparu........................	1,294
Azote..............................	0,177

Puisqu'il n'y a pas eu d'assimilation, les $0^{gr},177$ d'azote du nitrate disparu ont probablement été éliminés à l'état gazeux; on ne retrouve dans l'organisme de la plante que l'azote du nitrate qui n'a pas été dissocié.

Les végétaux phanérogames, dans une atmosphère obscure, fonctionnent, dans une certaine limite, à la ma-

nière des cryptogames sans chlorophylle, en ce sens qu'ils émettent de l'acide carbonique. Il y a toutefois cette différence que le carbone de cet acide est prélevé sur les principes constituants de l'endosperme, du cotylédon, dont l'embryon est en quelque sorte le parasite. Aussi, les phanérogames n'ayant pas, en l'absence des rayons lumineux, la faculté d'assimilation, la durée de leur végétation à l'obscurité est entièrement subordonnée à la quantité de matières contenues dans les cotylédons. Les racines ne s'emparent pas, ainsi qu'il arrive pour le mycélium des champignons, des combinaisons carbonées qu'elles rencontrent. Il y a encore cette différence que je crois devoir signaler : c'est qu'une plante vasculaire exposée à la lumière n'engendre pas de chlorophylle, tandis que les feuilles étiolées d'un phanérogame prennent une teinte verte aussitôt qu'elles sont éclairées, ce que j'ai reconnu maintes fois. Il ne faudrait pas, néanmoins, en conclure d'une manière absolue que la lumière n'apporte pas son concours au développement des végétaux vasculaires, et, à ce sujet, je ne puis mieux faire que de reproduire un passage d'une discussion soulevée au sein de l'Académie des Sciences :

« Sans aucun doute, ai-je dit, il est des plantes d'un ordre inférieur n'ayant nul besoin de chlorophylle et de la radiation solaire pour s'organiser et produire les mêmes matériaux que l'on rencontre dans les êtres supérieurs du règne végétal, mais il n'est aucune cellule vivante, si elle n'a pas le pouvoir de dissocier le gaz acide carbonique, qui soit capable de faire de toutes pièces un principe immédiat carboné.

» Tout en reconnaissant que la décomposition du gaz acide carbonique par la chlorophylle, ou plutôt par un organe auquel la chlorophylle est associée, est un des faits capitaux de la vie végétale, il est des physiologistes qui n'admettent pas que la formation de tous les organismes soit

subordonnée à l'action de la lumière, et l'on appuie cette opinion sur ce que des cellules se développent aux dépens de produits carbonés qu'on obtient de simples réactions chimiques. Ainsi, a-t-on dit, une graine impondérable du *mycoderma aceti*, jetée dans un milieu où l'aliment carboné unique est une substance très éloignée de l'organisme, puisque cet aliment est de l'alcool, donne un certain poids de matière organique formée des principes immédiats les plus variés. A cela, j'ai répondu que l'acide acétique apparu dans le milieu où fonctionnait le *mycoderma aceti* venait de l'alcool dérivant de sucre constitué par une plante à chlorophylle exposée au soleil, d'où il suit que le carbone de ce sucre avait été séparé de l'acide carbonique atmosphérique par l'action solaire. On peut en dire autant du carbone des matières vivantes ou mortes sur lesquelles s'établissent les plantes sans chlorophylle : les champignons, les cellules de levûre, les mucédinées.

» L'existence de parasites dans un lieu obscur où leurs cellules élaborent des principes semblables à ceux formés à la clarté du jour par les feuilles vertes, loin d'être une exception, est une confirmation des rapports nécessaires de la lumière avec la végétation. »

Je terminai par cette réflexion, « que si la radiation solaire cessait, non seulement les plantes à chlorophylle, mais encore les plantes qui en sont dépourvues, disparaîtraient de la surface du globe » ([1]).

La décomposition de l'acide du nitrate de potasse pendant la végétation à l'obcurité est difficile à expliquer. D'abord il est vraisemblable que c'est principalement au contact des racines qu'a lieu la dissociation, par cette raison qu'on retrouve dans le sol moins de nitrate que dans l'ensemble de la plante. On peut s'en convaincre en résumant les observations.

([1]) Boussingault, *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, t. VI, p. 255.

Expériences.	Nitrate introduit.	Nitrate de potasse retrouvé dans les plants.	Nitrate de potasse retrouvé dans le sol.	Nitrate disparu.	Durée de la végétation.
	gr	gr	gr	gr	jours
I......	0,300	0,139	0,025	0,126	24
III.....	0,300	0,103	0,002	0,195	26
V.....	0,100	0,059	0,004	0,046	20
VI.....	0,100	0,034	0,016	0,050	22
VII....	0,400	0,064	0,018	0,318	23
VIII....	0,100	0,017	0,003	0,080	16
IX....	0,200	0,136	0,004	0,060	10
X.....	0,200	0,040	0,003	0,157	10
I *bis*...	3,200	0,312	1,594	1,229	18

En ne tenant pas compte de l'expérience I *bis,* dans laquelle le nitrate a été mis en très forte proportion, on voit qu'en moyenne, pour 1 du sel retrouvé après la végétation, il n'y en a eu que 0,12 restés dans le sol.

Quant à la proportion de nitre détruite, le Tableau suivant montre que, pour 1 de sel intervenu, la disparition a été, en moyenne, 0,57; pour maximum, 0,795; pour minimum, 0,30. La nature de la substance minérale ayant servi de sol ne semble pas exercer d'influence.

Expériences.	Nitrate disparu pour 1 de sel.	Nature du sol.	Plantes.
I......	0,453	Pierre ponce.	Haricots.
III.....	0,650	Pierre ponce.	Maïs.
V......	0,460	Sable quartzeux.	Haricots.
VI.....	0,500	Sable quartzeux.	Maïs.
VII....	0,795	Pierre ponce.	Haricots.
VIII....	0,800	Sable de rivière.	Maïs.
IX.....	0,300	Sable de rivière.	Blé.
X......	0,785	Sable de rivière.	Maïs.
I *bis*...	0,404	Sable de rivière.	Maïs.

On n'entrevoit pas comment les cellules du végétal étiolé agissent sur un sel dont elles n'assimilent aucun des éléments, à moins que ce ne soit par une action de contact et en dehors de la vitalité. Les racines, en effet, ne paraissent pas subir la moindre altération; constamment, après la végétation, elles se sont présentées rigides, vivaces, sans indices de moisissures, et la meilleure preuve que les moisissures, les champignons ne sont pas la cause de la destruction de l'acide du nitrate, c'est qu'il n'y a pas assimilation d'azote, le salpêtre n'ayant pas fonctionné comme engrais. J'ai terminé ces recherches par une observation qui semblerait établir que la plante étiolée, après avoir perdu sa vitalité, agit encore effectivement sur le nitrate.

Un de ces plants, dont la tige avait $0^{m},25$ de longueur, muni de racines bien développées, a été chauffé à 100° dans un courant de vapeur aqueuse, puis plongé dans 10^{cc} d'eau tenant en dissolution $0^{gr},100$ de nitrate de potasse. Huit jours après, la température s'étant maintenue à 14°, on rechercha l'acide nitrique dans le plant et dans le liquide qui l'entourait.

	Nitrate.
L'acide nitrique dosé représentait.....	0,038
Nitrate introduit....................	0,100
Nitrate disparu....	0,062

Ce résultat pouvait être prévu, parce que l'on sait que, toutes les fois qu'une matière organisée morte, par conséquent en voie d'altération, est en présence d'un nitrate, le sel disparaît [1]. C'est ainsi qu'une terre végétale fortement salpêtrée perd du salpêtre quand elle reste submergée, et que le nitre reparaît, ou plutôt que la nitrification se manifeste, aussitôt que la même terre est ramenée à un degré

[1] *Influence de la terre végétale sur la nitrification* (*Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, t. II, p. 1).

d'humidité tel que l'air puisse la pénétrer. Ce qu'il y a de remarquable dans l'expérience que j'ai fait connaître, c'est que les racines d'une plante venue à l'obscurité, racines parfaitement saines, ne portant aucun indice de moisissures, aient déterminé la dissociation de l'acide d'un nitrate comme l'aurait fait un organisme mort. La seule explication admissible serait que, malgré la vigueur d'une végétation excluant la possibilité de détritus détachés de la plante, le sol finit par acquérir une matière organique excrétée par les racines, matière sur laquelle un botaniste illustre, de Candolle, avait fondé une théorie des assolements. L'existence de cette excrétion n'ayant été ni suffisamment prouvée ni contestée, il importait, pour la solution de la question traitée dans ce travail, de s'assurer s'il y avait réellement apparition dans le sol d'une substance capable de réagir sur l'acide des nitrates. On a fait dans ce but, à l'Institut agronomique, une expérience dont j'ai confié la direction à M. Müntz. En voici la description :

On a calciné du sable de Fontainebleau, puis on l'a lavé à l'acide chlorhydrique et à l'eau distillée. On a pris deux lots de ce sable, de 200^{gr} chacun, qui ont été imbibés d'eau distillée. Un de ces lots a été conservé comme témoin dans un flacon bouché. L'autre, placé dans une assiette, sous une cloche, a reçu seize graines de maïs, préalablement germées et parfaitement saines. Les germes avaient environ $0^{m},01$ de longueur. On a exposé à une température variant entre 10° et 16°, dans un endroit très peu éclairé, pendant dix-sept jours. Les jeunes plantes avaient acquis une hauteur d'environ $0^{m},30$; elles étaient en bon état, mais en quelques points de la surface du cotylédon on a remarqué des mucors.

On a arraché les plantes, en prenant les précautions nécessaires pour qu'il ne restât aucune radicelle dans le sable dans lequel on devait rechercher la présence de matière organique.

Ce sol humide a été placé dans un flacon bouché et a été, au bout de trois semaines et une seconde fois au bout de six semaines, examiné au microscope comparativement avec l'échantillon témoin conservé dans les mêmes conditions. Dans les deux on n'a pu découvrir d'autre organisme que des micrococcus, très peu abondants ; aucune différence n'a pu être constatée entre eux. Cette observation tendait à faire croire à l'absence de matière organique dans le sol où avaient vécu les plants de maïs. Cependant, en chauffant dans un tube, à l'abri de l'air, les deux sables, l'échantillon témoin est resté parfaitement blanc, tandis que l'autre a noirci légèrement, d'une manière uniforme ; il contenait par conséquent une trace de matière carbonée.

Comme conclusion, on voit qu'un sol préalablement rendu stérile, après la végétation à l'obscurité, renfermait des traces de substances organiques, probablement une excrétion des racines pouvant exercer une action destructive sur l'acide du nitrate qu'on avait fait intervenir.

DU GOITRE

DANS

LA NUEVA GRANADA ET L'ECUADOR

(AMÉRIQUE MÉRIDIONALE).

Dans la Nueva Granada, à l'Équateur, on est frappé de la fréquence des affections goîtreuses. Au milieu d'une nature riche, variée, c'est un sentiment pénible qu'on éprouve en voyant des populations exposées à contracter une infirmité dont la conséquence prochaine est, quoi qu'on en ait dit, le crétinisme; aussi est-on naturellement porté à rechercher les causes qui la produisent dans certaines localités, tandis que dans telle autre, placée, en apparence du moins, dans les mêmes conditions, elle est inconnue.

Je vais dire comment je fus conduis à m'occuper de cette question.

Le Ministre de la guerre du gouvernement colombien, après m'avoir exposé combien le goître présentait d'inconvénients pour le service, m'engagea à en rechercher l'origine; je pris la liberté de faire remarquer que cette investigation était réellement en dehors de ma compétence, et qu'il y avait dans l'armée des médecins capables de s'y livrer avec succès. Pour toute réponse, le général Urdaneta me fit savoir que les travaux sur la topographie que j'exécutais alors avec le colonel Lanz ([1]) seraient

([1]) Jose Marie de Lanz, né à Campêche, a publié, avec Bétencourt, un excellent ouvrage de Mécanique.

suspendus; que je devais faire une tournée de 200 à 300 lieues dans les Cordillères, séjourner dans les pays goîtreux et que, ma mission terminée, j'aurais à lui remettre un Rapport. C'est un extrait de ce Rapport que je vais présenter.

Il est à peine nécessaire de réfuter l'opinion attribuant le goître à l'ivrognerie, à la malpropreté, à l'usage d'aliments grossiers ; les auteurs qui l'ont émise n'avaient pas résidé dans une contrée étendue où cette infirmité est commune; autrement ils l'auraient vue chez les individus les plus sobres et dans les classes aisées de la société; on a aussi affirmé, surtout en Europe, que la cause principale est due à l'influence d'une atmosphère chaude, humide, comme dans quelques vallées étroites du Valais, des Vosges, des Pyrénées; sans nier que cet état météorologique ait de l'influence, on n'est nullement autorisé à le considérer comme cause unique. On rencontre, il est vrai, des goîtreux à de faibles altitudes, dont la température moyenne est assez élevée; cependant, dans une des contrées les plus chaudes de l'Amérique méridionale, et certainement la plus humide, le Choco, je n'en ai pas vu. Lors de mon séjour à Novita, le thermomètre s'est maintenu de 26° à 27°, et l'hygromètre à cheveu marquait 90° à 100°. Cette forte humidité est constante au Choco, où il pleut presque continuellement.

Je signalerai maintenant le goître, sur les plateaux les plus tempérés des Andes, à des altitudes de 2000^{m} à 3000^{m}, la température étant de 13° à 15°. En gravissant une montagne isolée au milieu d'une plaine, on constate un décroissement rapide dans l'état hygrométrique des couches d'air que l'on traverse; il n'en est plus ainsi, en escaladant les différents étages des Cordillères; alors la sécheresse de l'atmosphère n'est plus en rapport avec l'altitude. Cela s'explique par cette circonstance que les hauts plateaux habités sont nécessairement arrosés et que,

par conséquent, l'air qu'on y respire est généralement chargé de vapeur aqueuse, comme dans les régions inférieures, et si quelquefois l'atmosphère y est plus sèche, c'est que, étant dominés par des montagnes, l'air n'y arrive qu'après avoir passé sur des cimes arides.

L'humidité de l'air dépend d'ailleurs de l'état hygrométrique des vents régnants. Ainsi, à Santa-Fé de Bogota, en temps calme, l'hygromètre marque ordinairement 43° à 75°. S'il survient un vent de l'Ouest, entraînant de l'air des vallées chaudes et humides du Rio Grande de la Magdalena, la vapeur en partie condensée forme des nuages, l'hygromètre avance vers le point maximum, la température baisse de quelques degrés, il commence à pleuvoir. Le contraire a lieu si le vent vient de l'Orient : l'air, avant de parvenir sur l'esplanade, a passé sur les *paramos* d'Usmé, de Chingasa, de la Summa Paz, dont les altitudes approchent de 3500^{m}; il règne alors une grande sécheresse. Par exemple, le 9 mars 1825, par un vent d'Est persistant, j'ai vu à Santa-Fé de Bogota l'hygromètre marquer 26° à midi, 38° à midi 30^{m}, 57° à 1^{h}. C'est la plus grande siccité que j'aie eu l'occasion d'enregistrer dans les Andes.

Chita, province de Boyaca, dans la Cordillère orientale, est à l'altitude de 2800^{m}; température 11°,5 ; par un vent d'est, l'air y est aussi sec qu'à Bogota, parce que cette ville est à la base de montagnes dont le point culminant dépasse la hauteur absolue de 4000^{m}; les goîtres y sont fort communs.

On a aussi indiqué comme pouvant occasionner le goître l'usage des eaux provenant de la fonte des neiges. Dans la Nouvelle-Grenade, on voit en effet cette infirmité là où l'on boit des eaux venant des glaciers ; c'est le cas à Mariquita, à Honda, sur les bords du Guali, torrent descendant des sommités neigeuses du paramo de Ruiz ; à Ibagué, près du Combayma prenant naissance au-dessous du pic de Tolima. Toutefois, dans bien des endroits où le goître

est endémique, les eaux viennent de montagnes n'atteignant pas à beaucoup près le niveau inférieur des neiges perpétuelles.

Les sources sont aussi considérées comme occasionnant le goître, soit par leur fraîcheur, soit à cause des sels tenus en dissolution. Je ne connais dans la Nouvelle-Grenade que deux sources alimentant la population. Dans la ville de Soccoro, où les goîtres sont abondants et des plus volumineux, l'eau sort du calcaire néocomien ; dans le village d'Enemocon, sur le plateau de Bogota, elle sort du grès; les Indiens qui exploitent une saline importante ne sont pas goîtreux.

Dans la chaîne littorale de Venezuela, constituée par du granit, du gneiss, du micaschiste, il n'y a pas de goître, tandis que dans la Cordillère orientale, où souvent les mêmes roches supportent du grès, des assises calcaires du terrain crétacé supérieur, le goître est souvent endémique; il en est ainsi, à la Montuosa, à Labaja, à Cacota de Belasco, et dans tout le Soccoro. A Labaja, à Bétas, riches en gisements d'argent et d'or, des mineurs venus d'Angleterre furent sérieusement atteints de goîtres, après un séjour de quelques mois, quoique soumis à un excellent régime et sous l'influence d'un climat tempéré, puisqu'ils se trouvaient à l'altitude de 2500^{m}, sur un point dominé par des montagnes encore plus élevées.

C'est surtout dans le Soccoro qu'on se forme une idée de l'énorme développement de la glande tyroïde. A Lagrita, où j'assistai à un bal, les femmes, sans exception, avaient des goîtres ; malgré cette difformité, les danseuses étaient agréables, surtout quand elles ne parlaient pas; la voix des goîtreux est rauque, étouffée, le timbre du cauchemar. Quant aux dimensions de la tumeur, il suffira de raconter qu'en allant dans la capitale du Soccoro, choisie comme centre de mes observations, je descendais à cheval un sentier tracé dans une forêt, lorsque je fus arrêté par un in-

dividu chargé d'un fardeau et qui ne se dérangeait pas, malgré les avertissements réitérés que je lui donnais pour qu'il me laissât le champ libre. J'avais évidemment affaire à un sourd. Effectivement, je me trouvais en présence d'un idiot ayant un goître énorme que je mesurai : une masse ovoïde enfermée dans une sorte de sac ; le grand axe avait $0^m,45$, le petit axe $0^m,38$, le poids en était gênant ; pour l'équilibrer, le malheureux transportait une charge de bois.

Arrivé en ville, je remis mes instructions au gouverneur, un colonel, vétéran de l'armée de l'Indépendance, possesseur d'un énorme goître. L'excellent homme m'accueillit avec bienveillance, se mit entièrement à ma disposition, puis il ajouta qu'il ne comprenait pas cependant l'intérêt que pouvait avoir le gouvernement à faire disparaître les goîtreux ; que le Soccoro en contenait en grand nombre, il le reconnaissait, mais que l'administration de cette province était facile, qu'il n'y avait pas de journaux de l'opposition, tandis qu'ailleurs, où il n'y avait ni goîtreux ni crétins, de jour en jour les populations devenaient de plus en plus difficiles à gouverner. Je n'avais rien à répondre ; toutefois, j'aurais pu rappeler que le crétinisme n'est pas sans danger pour la société, et citer que dans le village de Cacota de Matanza un idiot avait tué plusieurs enfants (1).

---

(1) Je me suis trouvé si souvent en relation avec les goîtreux, que je ne crois pas inutile de rapporter quelques observations sur le crétinisme.

Dans les Cordillères, les crétins inspirent beaucoup d'intérêt. Ainsi j'ai vécu dans une famille (à Honda) ayant un de ces malheureux, âgé d'une vingtaine d'années, si idiot, qu'on n'avait pu lui faire porter d'autre vêtement qu'une chemise ; il adorait ses parents, tout en témoignant une sorte d'indignation aux étrangers ; sa mère et son frère aîné étaient goîtreux, le frère assez intelligent pour administrer les biens de la famille. Le père, non goîtreux, remplissait une fonction importante. C'était une scène aussi triste que touchante de voir à genoux, les mains jointes, aux pieds de cet excellent homme, l'enfant privé de la raison et de la parole.

Le crétin exécute régulièrement un travail unique ; il ne fait bien

Les roches cristallines, schisteuses, calcaires, arénacées de la Cordillère orientale de la Nouvelle-Grenade, où le goître est quelquefois fort répandu, occupent un espace considérable dans la province d'Antioquia, et, plus au sud, dans la vallée supérieure du Cauca; or, cette infirmité

---

qu'une seule chose. On le chargera d'apporter de l'eau dans une maison, ou bien on s'en servira comme courrier : l'habitation sera toujours pourvue d'eau, et les lettres arriveront à leur adresse. A Mérida, chez l'alcade, orfèvre de profession, je vis un idiot soigner avec un soin extrême des coqs de combat; on n'avait jamais réussi à lui faire tirer le soufflet de la forge. Le crétin a les qualités et les défauts des enfants; il devient cruel; j'ai cité le meurtre de Cacota de Matanza; il ne se pénètre que d'une seule idée, dans laquelle il persiste avec une étonnante obstination. En voici une preuve, que je prends dans un manuscrit intitulé : *La vie dans les Cordillères.*

« Étant à l'Équateur, je voulus visiter le pont suspendu de Penipe, construit par les Indiens, avant la conquête. De Baños, situé à la base du Tunguragua, dont le sommet s'est écroulé en formant un immense déblai de blocs de trachyte qu'on traverse pour arriver à l'Annexo de Puela, altitude 1420^m, d'où l'on aperçoit la cime neigeuse du volcan, élevé de 5200^m, sur laquelle j'aurais voulu monter, si l'habitude que j'avais de juger les distances en pays montagneux ne m'eût fait présumer que l'ascension exigerait plusieurs jours. L'alcade de Puela n'était pas de mon avis; il m'assurait que j'atteindrai les neiges après une marche de quelques heures, et il fit appeler un chargeur de glace, qu'il me présenta comme un guide. C'était un Indien, idiot, prononçant quelques paroles espagnoles, qui affirma que nous trouverions la neige à peu de distance du village. Bien que, sans tenir compte de l'éloignement du volcan, j'avais la certitude qu'il faudrait gravir une verticale de 4000 mètres, je consentis à marcher. Le lendemain, à 8^h, je partis de Puela; à 10^h nous étions encore dans une belle forêt, où l'on fit halte. La vigueur de la végétation prouvait que nous devions être bien au-dessous du point qu'il fallait atteindre. Je signifiais à l'Indien qu'il retournerait au village; à cela, il tâchait de faire comprendre que nous devions continuer à monter. « Monter glace. » On monta des centaines de mètres, en suivant la Quebrada de Grandisagua; les arbustes devenaient plus rares; je voulus enfin forcer le guide à redescendre à Puela; il s'échappa, en criant : « Monter glace », et disparut. Une demi-heure après il revint avec un gros bloc de neige. Le crétin avait eu raison; on remonta le ruisseau, et bientôt, à mon grand étonnement, je trouvai la neige bien au-dessous de la limite inférieure; le baromètre indiqua : altitude, 3660^m. Nous étions 1100^m plus bas; la neige, dans la vallée fort rétrécie, était tombée du volcan de Tunguragua, formant une longue voûte, au-dessous de laquelle coulait de l'eau à une température

n'est pas endémique dans ces contrées; j'indiquerai pourquoi; pour le moment, il suffira de remarquer que la constitution géologique ne semble pas exercer d'inflence sur son apparition. Examinons maintenant si, comme on le croit communément, les altitudes élevées en favorisent le

---

de 4°,4; la neige avait une épaisseur de 6^m à 7^m. En remontant la vallée, je m'assurai que sa longueur était d'un kilomètre, jusqu'à un mur de trachyte qu'on ne put escalader; on était arrivé à l'altitude de 4080^m; depuis la base, on avait monté de 400^m. Il était 1^h lorsque nous parvînmes à la roche trachytique : nous avions donc atteint la neige en peu de temps, conformément à la promesse du guide. Puela est près de Penipe; on y signale des goîtreux, on y boit de l'eau des neiges de Tunguragua; mais j'ignore la provenance du sel qu'on y consomme. Il se pourrait que les Indiens goîtreux que j'ai rencontrés dans les environs de Quito fussent des habitants de Puela. »

L'Indien que l'alcade de Puela m'avait donné pour me conduire vers le volcan avait montré une affirmation décidée sur la présence de la neige. Il persistait, et quand il reçut l'ordre de redescendre, il s'éclipsa sans manifester aucun signe de mécontentement; lorsqu'il arriva avec la neige, il resta impassible, c'est ce qui me surprit, car le crétin est quelquefois des plus impressionnables, et souvent je l'ai vu devenir furieux. Je citerai un de ces cas de paroxisme, que j'emprunterai encore à *La vie dans les Cordillères.*

« C'était dans la vallée du rio Grande de la Magdalena. Nous formions une nombreuse cavalcade d'officiers sortis d'Ilagué dans la matinée. A midi on fit halte, pour se rafraîchir, sous un gigantesque guarumo, dont les branches étaient si développées que je me croyais sous le fameux *zamang* d'Aragua. C'est sous cet arbre que se tient le marché du village; deux cents hommes s'y trouveraient à l'abri du soleil. A peine avions-nous mis pied à terre, qu'un *bobo* me demanda l'aumône; après avoir approché une pièce d'argent de sa main, je la retirai brusquement; j'agis ainsi plusieurs fois. Ce qui me faisait prolonger ce divertissement, d'assez mauvais goût, c'était pour observer le brusque changement de la physionomie du malheureux; il exprimait son indignation par des sons inarticulés, par des rugissements; enfin, quand il se retira, en me montrant le poing, je jetai à terre la *peseta,* en l'engageant à la ramasser; il n'en voulut pas et s'éloigna. Une demi-heure après cette scène, dans laquelle je n'avais pas joué le meilleur rôle, je n'y pensais plus. Je causais avec un camarade, lorsque j'entendis derrière moi une rumeur qui me fit retourner; je vis alors un commandant tenant le bras du crétin, qu'il avait saisi au moment où ce *bobo* allait plonger un couteau entre mes épaules. Désarmer le crétin fut l'affaire d'un instant. On ne lui fit aucun mal, d'abord parce qu'il avait été surexcité, et puis aussi parce que les pauvres d'esprit sont pour le peuple l'objet d'une sorte de vénération.

développement. Il est certain que l'affection goîtreuse ne se montre pas aux bords de la mer; je ne l'ai pas observée sur les rivages de l'Atlantique ou du Pacifique. Je n'ai pas vu de goîtreux dans la proximité des ports de la Guayra, de Santa-Marta, de San-Buenaventura, de Guayaquil, de Payta. Dans le champ de mes observations, je n'en ai rencontré, à de faibles altitudes de 300^{m} à 400^{m}, qu'à une grande distance des côtes, par exemple à Honda, à Mariquita; au-dessus de ces hauteurs, on en voit fréquemment, et l'on est ainsi conduit à se demander comment une diminution dans la pression atmosphérique peut en favoriser l'endémicité. Il existe d'ailleurs chez les habitants des Cordillères une idée fort accréditée, attribuant cette maladie aux propriétés des eaux. On affirme que si une personne atteinte du goître va demeurer dans un endroit où l'affection n'existe pas, le climat de la résidence qu'on a choisie étant le même, ainsi que le régime, l'eau étant la seule chose nouvelle dont on fasse usage, la maladie disparaît. Il y a plus, des individus fixés là où le goître est endémique s'en sont guéris ou préservés en buvant l'eau d'une rivière réputée de bonne qualité. Toutefois, ces assertions ne semblent pas suffisamment précises.

Les eaux, dans les hautes montagnes, sont généralement d'une grande pureté; cependant, si, comme il y a des raisons pour le supposer, elles contribuent à faire naître le goître, il faut bien que leur constitution diffère de celles des plaines. L'eau, en effet, présentera une différence notable dans ses propriétés et peut-être aussi dans ses effets, selon que, du sein de l'atmosphère où elle était primitivement en vapeur, elle sera tombée sur les cimes des Cordillères ou au niveau de la mer.

On le sait, l'eau privée d'air, telle quelle est quand on vient de la distiller, est fade, indigeste; il est indispensable, pour la rendre potable, de l'exposer à l'atmosphère;

d'où l'on est en droit de conclure que, dans les hautes régions, elle renferme réellement moins d'air que dans les régions inférieures ; c'est à cette moindre proportion d'air, et par conséquent d'oxygène, que j'avais autrefois signalé l'eau insuffisamment aérée comme pouvant contribuer à l'endémicité du goître, opinion sujette à bien des objections, je le reconnais maintenant, mais méritant néanmoins d'être discutée, puisque, après tout, une faible proportion d'oxygène est, en général, une des différences que présente l'eau des montagnes comparée à l'eau des plaines.

On savait depuis longtemps que l'eau dissout de l'air. Priestley avait constaté que cet air est plus riche en oxygène que celui de l'atmosphère.

Dans leur mémorable travail sur l'eudiométrie, Gay-Lussac et de Humboldt établirent que le gaz oxygène est notablement plus soluble que le gaz azote ; en chauffant progressivement l'eau de rivière, le premier de ces deux gaz est dégagé plus lentement que le second ; ils ont trouvé que 100^{vol} renfermaient :

	Oxygène.
Dans la première partie.............	$23,7^{vol}$
Dans la deuxième partie............	27,4
Dans la troisième partie.............	30,2
Dans la quatrième partie	32,3

L'expérience ayant été répétée sur de l'eau venant de la neige :

	Oxygène.
100^{vol} des premières parties de gaz émis contenaient....................	$24^{vol},8$
100^{vol} des dernières parties.........	$34^{vol},8$

Gay-Lussac et de Humboldt s'assurèrent que la glace soumise à l'ébullition aussitôt après la fusion émettait un volume de gaz ne dépassant pas la moitié de celui fourni par l'eau saturée d'air, ce qui impliquerait que, durant la

congélation, il y a dégagement d'un air pauvre en oxygène.

Les faits révélés par Priesley, Gay-Lussac et de Humboldt ont été confirmés par Henry, Dalton, Bunsen, dont les travaux eurent pour objet l'étude de la faculté dissolvante de l'eau pour les gaz sur lesquels elle n'exerce pas d'action chimique, agissant alors à la manière d'un corps poreux. Les résultats obtenus par ces éminents physiciens peuvent être résumés ainsi :

1° L'eau laissée en contact avec une atmosphère indéfinie dissout 1^{vol} du gaz constituant cette atmosphère, volume qui, ramené à la pression de cette atmosphère, est, pour une température donnée, dans un rapport constant avec le volume du liquide.

Ainsi, d'après Bunsen, l'eau à 0°, en présence d'oxygène, en prend une quantité représentant les 0,04114 de son volume, soit 41^{cc} par litre, à la pression de $0^{m},76$. Dans les mêmes conditions, un litre d'eau en dissout :

Pour le gaz azote..................	$20^{cc},035$
Pour l'air atmosphérique..........	$24^{cc},71$

Ce sont là les coefficients d'absorption.

2° Suivant Henry, de Manchester, et Dalton, l'eau en relation avec une atmosphère illimitée, composée de plusieurs gaz sur lesquels elle n'a pas d'action chimique, dissout chacun d'eux comme s'il était seul, avec la pression qu'il possède dans le mélange.

Ainsi, en présence de l'air atmosphérique, où il y a pour 100, en nombre rond :

Oxygène..........................	20
Azote............................	80

l'eau dissout l'azote comme si ce gaz était seul avec une pression égale au $\frac{4}{5}$ de la pression totale, et l'oxygène comme s'il formait à lui seul une atmosphère ayant une pression égale au $\frac{1}{5}$ de la pression totale. Aussi, d'après

les coefficients d'absorption déterminés par Bunsen, les deux gaz seraient dissous dans les rapports suivants :

	Vol.
Azote	66,4
Oxygène	33,6
	100,0

C'est, on le voit, les proportions dans lesquelles ces gaz ont été rencontrés par Gay-Lussac et de Humboldt, dans l'eau des rivières, dans l'eau saturée d'air, à une époque où l'on ignorait encore les lois qui régissent la dissolution des gaz dans les liquides.

Il ressort d'ailleurs des expériences de Henry et de Dalton que l'eau, dans les stations élevées, sur les montagnes, doit renfermer en valeur absolue un volume d'air moindre que celui qu'elle contient dans les régions basses, dans les plaines.

Examinons à présent les quantités et la nature des gaz tenus en solution dans les eaux. Je rapporterai d'abord les observations faites à de faibles altitudes, en choisissant de préférence les résultats de Henri Sainte-Claire Deville, parce que l'illustre chimiste a toujours ramené à 0° et à la pression de $0^m,76$ les gaz qu'il retirait de l'eau.

Garonne. — Eau puisée à Toulouse, en amont de la ville, à 300^m au-dessus du pont Garaud, le 16 juillet : température, 21°; baromètre, $0^m,755$; un litre a donné : gaz, $40^{cc},6$, contenant :

	cc		Pour 100.
Acide carbonique	17,01		»
Oxygène	7,92	air, $23^{cc},6$	33,57
Azote	15,67		66,43
	40,60		100,00

Dans 1 litre d'eau : oxygène, $7^{cc},92$ à 0°; pression, $0^m,76$. D'après le coefficient d'absorption, 1^{lit} d'eau aurait dû contenir $24^{cc},7$ d'air : on a eu $23^{cc},6$.

Rhin. — Eau prise près de Strasbourg.

Un litre a donné : gaz, 30^{cc},9, contenant :

	cc		Pour 100.
Acide carbonique.....	7,72		»
Oxygène.............	7,42	air, 23^{cc}, 18	32,00
Azote............	15,76		68,00
	30,90		100,00

Dans 1^{lit} d'eau : oxygène, 7^{cc},42, à 0°; pression, 0^{m},76. D'après le coefficient d'absorption, 1^{lit} d'eau aurait dû contenir 24^{cc},7 d'air; on a eu 23^{cc},2.

Rhône. — Eau prise à Genève le 30 avril : température, 9°; baromètre, 0^{m},725.

1^{lit} a donné : gaz, 34^{cc},8, contenant :

	cc		Pour 100.
Acide carbonique.....	7,93		»
Oxygène............	8,43	air, 26^{cc},87	31,35
Azote.............	18,44		68,65
	34,80		100,00

Dans 1^{lit} d'eau : oxygène, 8^{cc},43, à 0°; pression, 0^{m},76. D'après le coefficient d'absorption, 1^{lit} d'eau aurait dû contenir 24^{cc},7 d'air ; on a eu 26^{cc},9.

Doubs. — Eau prise au port de la Rivette, le 17 janvier : température, 3°; baromètre, 0^{m},74.

1^{lit} d'eau a donné : gaz, 45^{cc},5, contenant :

	cc		Pour 100.
Acide carbonique.....	17,84		»
Oxygène............	9,46	air, 27^{cc},66	34,2
Azote...............	18,20		65,8
	45,50		100,0

Dans 1^{lit} d'eau : oxygène, 9^{cc},46 à 0°; pression, 0^{m},76. D'après le coefficient d'absorption, 1^{lit} d'eau aurait dû contenir 24^{cc} d'air; on a eu 27^{cc},7.

Les volumes d'air dans 1^{lit} d'eau, calculés d'après le coefficient d'absorption, approcheraient de 25^{cc}. Or, on a dosé dans les eaux :

	Air.	Oxygène.
	cc	cc
Garonne...........	23,6	7,9
Rhin..............	23,2	7,4
Rhône	26,9	8,4
Doubs.............	27,7	9,5

J'ajouterai quelques déterminations faites à Paris, en me bornant à indiquer le volume d'oxygène retiré de 1^{lit} d'eau; malheureusement on n'a pas pris la température des gaz au moment où l'on venait de les doser, de sorte qu'il n'a pas été possible de les réduire à 0°.

	Oxygène par litre.	
	cc	
Eau distillée et aérée ..	11,8	Gay-Lussac et Humboldt.
Eau de Seine	10,1	Peligot.
Eau de pluie...... ..	11,5	Gay-Lussac et Humboldt.
Eau de neige	10,5	Boussingault.

Comme termes de comparaison, je rapporterai les expériences faites à diverses hauteurs, dans les Cordillères, sur les quantités d'air renfermées dans l'eau.

La Baja, près Pamplona, altitude 2350^m. Le torrent où l'eau a été prise vient des montagnes de San Urban, du paramo Rico; altitude, 3500^m à 4000^m.

1^{lit} d'eau, pris à la température de 15°, baromètre 570^{mm}, a donné gaz 15^{cc},1, contenant :

			Pour 100.
	cc		
Acide carbonique.	2,3		»
Oxygène........	4,2	Air 12^{cc},8	32,8
Azote	8,6		67,2
	15,1		100,0

Pour 100 de gaz recueilli :

Acide carbonique	15,2
Oxygène	27,8
Azote	57,0
	100,0

Dans 1^{lit} d'eau, oxygène, $4^{cc},2$ à 0° et pression 760^{mm}.

D'après le coefficient d'absorption, l'eau aurait dû contenir $13^{cc},5$ d'air. On a eu $12^{cc},8$.

Santa Fé de Bogota. — Altitude 2640^{m}.

Les eaux alimentant la ville descendent de la chaîne du paramo de Chingasa, ayant une hauteur absolue de 3000^{m} à 4000^{m}.

Eau prise dans le torrent de San Franscisco, au-dessus de la Quinta de Bolivar; température, $14^{o},5$; baromètre, 560^{mm}.

1^{lit} d'eau a donné gaz privé d'acide carbonique, $13^{cc},34$, ramené à 0°, pression 760^{mm}, contenant :

	cc	Pour 100.
Oxygène	4,27	32,0
Azote	9,07	68,0
	13,34	100,0

Dans 1^{lit} d'eau, oxygène $4^{cc},27$ à 0° et pression 760^{mm}.

D'après le coefficient d'absorption, l'eau aurait dû contenir $13^{cc},3$ d'air. On a eu $13^{cc},34$.

Santa Fé de Bogota. — Eau du torrent de San Francisco, examinée après avoir été exposée à l'atmosphère durant soixante-douze heures.

1^{lit} d'eau ayant une température de 15°, baromètre 560^{mm}, a donné gaz $15^{cc},20$, ramené à 0°, pression 760^{mm}, contenant :

	cc		Pour 100.
Acide carbonique	0,70		»
Oxygène	4,65	Air $14^{cc},5$	32,0
Azote	9,85		68,0
	15,20		100,0

Pour 100 de gaz recueilli :

Acide carbonique	4,60
Oxygène	30,60
Azote	64,80
	100,00

Dans 1^{lit}, oxygène 4^{cc},65.

D'après le coefficient d'absorption, l'eau aurait dû contenir 13^{cc},2 d'air. On a eu 14^{cc},5.

Santa Fé de Bogota. — Eau puisée à une source, rue de la Carrera, température 15°, baromètre 560^{mm}.

1^{lit} a donné gaz 26^{cc},1, ramené à 0°, pression 760^{mm}, contenant :

	cc		Pour 100.
Acide carbonique	13,3		»
Oxygène	4,1	Air 12^{cc},8	32,1
Azote	8,7		67,9
	26,1		100,0

Dans 100 du gaz recueilli :

Acide carbonique	47,1
Oxygène	15,8
Azote	37,1
	100,0

Dans 1^{lit} d'eau, oxygène 4^{cc},1.

D'après le coefficient d'absorption, l'eau aurait dû contenir 13^{cc},1 d'air. On a eu 12^{cc},8.

Santa Fé de Bogota. — Lagunas de Fontibon, au centre du plateau. Altitude 2500^{m}. Plantes aquatiques abondantes.

L'eau puisée dans la laguna était à 17°, baromètre 570^{mm}.

1^{lit} d'eau a donné gaz 21^{cc},21, ramené à 0°, pression 760^{mm}, contenant :

	cc		Pour 100.
Acide carbonique.	7,51		»
Oxygène........	4,39	Air 13^{cc},7	32,0
Azote..........	9,31		68,0
	21,21		100,0

Dans 100 de gaz recueilli :

Acide carbonique............	35,4
Oxygène....................	20,7
Azote......................	43,9
	100,0

Dans 1^{lit} d'eau, oxygène 4^{cc},39.

D'après le coefficient d'absorption, l'eau aurait dû contenir 13^{cc},1 d'air. On a eu 13^{cc},7.

Santa Fé de Bogota. — Ondée tombée le 2 décembre, à 3^{h} de l'après-midi.

Température de la pluie 13°, baromètre 560^{mm}.

De 1^{lit} d'eau, extrait gaz 14^{cc},23, ramené à 0°, pression 760^{mm}, contenant :

	cc		Pour 100.
Acide carbonique.	0,20		»
Oxygène........	4,50	Air 14^{cc},03	32,1
Azote..........	9,53		67,9
	14,23		100,0

Dans 100 de gaz recueilli :

Acide carbonique............	1,4
Oxygène....................	31,0
Azote......................	67,6
	100,0

Dans 1^{lit} d'eau de pluie, oxygène 4^{cc},5.

D'après le coefficient d'absorption, l'eau aurait dû contenir 13^{cc},6 d'air. On a eu 14^{cc}.

Quito. — Altitude 2920^{m}.

Les eaux alimentant la ville viennent des pentes du volcan du Pichincha, d'une hauteur absolue comprise entre 3500^{m} et 4500^{m}.

Fontaine de la plaza Mayor, eau légèrement trouble, température 16°, baromètre 545^{mm}.

1^{lit} d'eau a donné, gaz 16^{cc} ramené à 0°, pression 760^{mm}, contenant :

	cc		Pour 100.
Acide carbonique.	1,0		»
Oxygène........	4,6	Air 15^{cc}	30,7
Azote..........	10,4		69,3
	16,0		100,0

Pour 100 de gaz recueilli :

Acide carbonique............	6,2
Oxygène..................	28,8
Azote....................	65,0
	100,0

Dans 1^{lit} d'eau, oxygène 4^{cc},6.

D'après le coefficient d'absorption, l'eau aurait dû contenir 12^{cc},7 d'air. On a eu 15^{cc}.

Quito. — Fontaine du couvent de San Francisco; température 13°, baromètre 540^{mm}.

1^{lit} d'eau a donné gaz 16^{cc},1, ramené à 0°, pression 760^{mm}, contenant :

	cc		Pour 100.
Acide carbonique.	1,10		»
Oxygène........	4,65	Air 15^{cc},0	31,0
Azote..........	10,35		69,0
	16,10		100,0

Pour 100 de gaz recueilli :

Acide carbonique...........	6,84
Oxygène....................	28,88
Azote......................	64,27
	100,00

Dans 1^{lit} d'eau, oxygène $4^{\text{cc}},65$.

D'après le coefficient d'absorption, l'eau aurait dû contenir $13^{\text{cc}},2$ d'air. On a eu 15^{cc}.

Quito. — Ruisseau coulant à la base du Mirador du volcan du Guagua Pichincha, température 5°, baromètre 450^{mm}.

1^{lit} d'eau puisée dans le ruisseau a donné gaz $13^{\text{cc}},72$, ramené à 0°, pression 760^{mm}, contenant :

	cc		Pour 100.
Acide carbonique.	1,00		»
Oxygène........	3,82	Air $12^{\text{cc}},72$	30,0
Azote..........	8,90		70,0
	13,72		100,0

Pour 100 de gaz recueilli :

Acide carbonique..........	7.28
Oxygène...................	27,84
Azote.....................	64,88
	100,00

Dans 1^{lit} d'eau, oxygène $3^{\text{cc}},82$.

D'après le coefficient d'absorption, l'eau aurait dû contenir 13^{cc}. On a eu $12^{\text{cc}},7$.

Je mentionnerai quelques localités des environs de Quito, où le goître est faiblement endémique, en indiquant les quantités d'air que doit renfermer l'eau de ces stations élevées, d'après le coefficient d'absorption, la température et la pression barométrique, la détermination des gaz n'ayant point été faite.

Village de Guaranda. — Altitude 2220^{m}, à la base du Chimborazo, route de Quito à Guayaquil.

Température de l'eau 13°, baromètre 558^{mm}.

Dans 1^{lit}, air atmosphérique, supposé à 0°, pression 760^{mm}, $13^{cc},5$ renfermant $4^{cc},32$ d'oxygène (1).

Hacienda del Chimborazo. — Altitude 3880^{m}.

Température de l'eau 9°, baromètre 481^{mm}.

Dans 1^{lit} d'eau, air à 0°, à la pression de 760^{mm}, contenant 4^{cc} d'oxygène.

Métairie d'Antisana. — Altitude 4072^{m}.

Température d'un ruisseau originaire du glacier 6°, baromètre 470^{mm}.

Dans 1^{lit} d'eau, air à 0° et à la pression de 760^{mm}, contenant $4^{cc},4$ d'oxygène.

Résumé.

Localités.	Altitude.	Dans 1 litre d'eau — Air.	Oxygène.	Remarques.
	m	cc	cc	
La Baja	2350	12,8	4,2	Près Pamplona.
Santa Fé de Bogota	2640	13,3	4,3	Torent de San Francisco.
»	»	14,5	4,6	»
»	»	12,8	4,1	Source.
Lagune Fontibon	2500	13,7	4,4	»
Santa Fé de Bogota	2640	14,0	4,5	Pluie.
Quito	2920	15,0	4,6	Fontaine sur la place.
»	»	15,0	4,6	Du couvent de San Francisco.
Pichincha	4000	12,7	3,8	Ruisseau.
Guaranda	2220	14,0	4,3	Village, calculé.
Hacienda del Chimborazo	3800	12,7	4,0	»
Métairie d'Antisana	4070	12,9	4,0	»

Dans les stations élevées, le volume de l'air atmosphérique, et par suite celui du gaz oxygène, est moindre que dans les régions basses; c'est d'ailleurs une conséquence des lois sur la dissolution des gaz dans les liquides. On vient de voir que le volume gaz oxygène renfermé dans

(1) Admettant avec 32 d'oxygène pour 100 d'air.

1^{lit} d'eau prise à une altitude de 2000^{m} à 4000^{m} est environ de 4^{cc}. Dans 1^{lit} de la Garonne, du Rhin, du Doubs, de la Seine, c'est-à-dire presque au niveau de la mer, le volume d'oxygène est, en moyenne, de 9^{cc}, le double environ du volume déterminé dans les hautes montagnes des Andes. En ce qui concerne les eaux des Cordillères, la différence essentielle qu'on ait trouvé dans leur constitution est le moindre volume d'air qu'elles renferment.

On n'est pas autorisé cependant à admettre que ce minimum soit la cause unique de l'endémicité du goître; car, s'il est vrai qu'on l'observe souvent sur les hauts plateaux, il arrive cependant qu'elle est inconnue dans bien des localités atteignant des hauteurs absolues tout aussi considérables, de sorte que, si une faible aération influe sur l'apparition du goître, comme on est assez porté à le croire dans l'Amérique du Sud, il est des cas où cette influence, si tant est qu'elle existe, doit être masquée par des circonstances que, jusqu'à présent, il n'a pas été possible d'apprécier.

Par exemple, on n'aperçoit pas de goîtreux :

1° Dans la Cordillère orientale : à Mucuchie, au sud et au nord du Nevado de Merida, à des altitudes supérieures à 3000^{m}.

2° Dans la Cordillère centrale: à Sonson, Rio Negro, Santa Rosa de Osos, à des altitudes de 2100^{m} à 2700^{m}.

3° Dans la Cordillère occidentale; à Rio Sucio de Engurumá, Anserma viejo, à des altitudes de 1800^{m} à 2600^{m}.

4° Dans la chaîne des Andes, avant sa bifurcation en trois branches : à Popayan, à Puracé, à Tuqueres, à Guachicon, à Cumbal, Tulcan, Rio Bamba, où les populations vivent à des hauteurs comprises entre 2300^{m} et 3200^{m}.

Dans les régions inférieures, les steppes, les vallées des grands fleuves, on n'observe des goîtreux que bien loin des côtes; j'ai déjà cité Honda et Mariquita, où le cré-

tinisme est aussi fort commun; ces villes ont une altitude de 200^m à 600^m, et, comme je l'ai indiqué, on y boit l'eau du Guali descendant des Nevadas dos Riuz. A Honda, très éloigné du port de Carthagène, on cesse d'être soumis à l'influence maritime qui semble protéger contre l'affection goîtreuse. A quoi tient cette influence préservatrice, reconnue en Europe comme en Amérique? En effet, les habitants des Alpes, de même que les montagnards des Andes atteints du goître, sont guéris après un séjour suffisamment prolongé à proximité de la mer. Est-ce à cause d'une modification apportée au régime alimentaire? Les conquistadores qui, les premiers, abordèrent le nouveau continent n'ont pas mentionné le goître chez les indigènes de la côte, ce qui a fait supposer que les Indiens n'étaient pas aptes à le contracter; mais, depuis, on a reconnu que les blancs et les nègres jouissent du même privilège, bien que dans l'intérieur des terres ils en soient fréquemment atteints. Il est vrai que les Indiens paraissent moins disposés à devenir goîtreux que les blancs et les nègres. Sur le plateau de Bogota, je ne l'ai pas observé chez les métis livrés à l'agriculture, dont la principale occupation consiste à engraisser, dans les plantureux herbages d'une zone tempérée, le bétail amené des plaines brûlantes des Llanos. Passant leur vie à cheval, lançant le lasso avec une étonnante dextérité, les orejones, c'est ainsi qu'on les nomme, ont horreur de l'eau comme boisson : ils se désaltèrent avec de la chicha (bière de maïs). Au reste, on croyait, à l'époque où j'habitais la Cordillère, que les Indiens n'avaient jamais le goître. Humboldt écrivait : « Les indigènes à teint cuivré jouissent d'un avantage physique qui tient surtout à la grande simplicité avec laquelle leurs ancêtres ont vécu pendant des milliers d'années. Je n'ai jamais vu un Indien bossu; il est extrêmement rare d'en voir de louches, de boiteux ou de manchots. Dans les pays dont les habitants souffrent du goître,

cette affection de la glande thyroïde ne se présente jamais chez les Indiens, rarement chez les métis. »

L'assertion de Humboldt était trop affirmative : à peu de distance de Quito, je rencontrai sur ma route toute une famille goîtreuse d'Indiens ; comme ces indigènes n'entendaient pas l'espagnol, je n'ai pu savoir d'où ils venaient, ni où ils allaient ; c'étaient très probablement des Quichuas.

L'influence maritime étant envisagée comme préservatrice, il y a lieu de rechercher la cause de son efficacité. Il n'existe pas de goîtreux sur les rivages de l'Atlantique ou du Pacifique que j'ai visités ; on ne les rencontre que dans l'intérieur des terres, et cela dans les conditions climatériques et géologiques les plus variées et à toutes les altitudes. Or le seul changement qu'il soit permis de signaler dans le régime alimentaire, d'ailleurs fort simple, des populations rapprochées ou éloignées de la mer, c'est que, à mesure qu'on s'élève dans les montagnes, l'on substitue du sel gemme au sel des marais salants : c'est ce que j'ai maintes fois reconnu, soit en remontant le Rio Grande de la Magdalena, soit en suivant la Cordillère orientale, depuis Caracas jusqu'à Santa Fé de Bogota. Le goître apparaît aussitôt que l'on fait usage des sels en roche, tirés des importants gisements de la Nouvelle-Grenade, zone salifère commençant à Cipaquira, et s'étendant à l'est jusqu'aux llanos de San Martin. C'est de cette zone que sort tout le sel consommé par les populations des montagnes, et cela pour deux raisons : l'une, que la distance et le mauvais état des chemins rendraient très onéreux le transport du sel de la côte ; l'autre, c'est qu'on ne voit aucune raison apparente, sous le rapport de la qualité, pour ne pas préférer le sel gemme. Il est constant, d'après mes observations, limitées, il est vrai, aux plaines et aux montagnes de la Nouvelle-Grenade, aux Andes équatoriales, que, là où l'on consomme du sel des marais salants, il n'y

a pas de goîtreux. Ce fait, incontestable selon moi, suffirait pour établir nettement l'efficacité de l'influence maritime si, sur un territoire peuplé de plus de 500000 habitants, le goître ne se montrait que fort rarement, bien qu'on n'y consomme pas de sel de la mer : ce sont les provinces d'Antioquia et du Cauca, dont j'indiquerai sommairement la situation.

La Cordillère centrale, divisant les valles de la Magdalena et du Cauca, se détache d'un groupe volcanique à partir du 2e degré de latitude boréale et s'étend jusqu'au 8e degré ; cette chaîne offre, sur une longueur de 60 lieues seulement, les glaciers de Huila, de Baragan, de Tolima, de Santa Isabela et de Ruiz ; sa pente orientale, dont les eaux vont à la Magdalena, présente, ainsi que déjà je l'ai fait remarquer, des villes, des villages où le goître est endémique ; au contraire, sur le versant occidental, dont les eaux sont tributaire du Rio Cauca, cette maladie est extrêmement rare ; on ne la connaît pas dans la province d'Antioquia.

Cartago, dans la vallée du Cauca, par son altitude, sa température, l'état hygrométrique, aussi bien que par la proximité d'un cours d'eau, le Rio de la Vieja, sortant des neiges de Baragan et du Quindiu, est dans une situation semblable à celle de Mariquita, dans la vallée de la Magdalena. Le village de Sonson, dont les eaux descendent d'un paramo d'une altitude supérieure à 3000m, rappelle Santa Fé de Bogota. Cependant le goître n'est endémique ni à Cartago ni à Sonson : il l'est à Mariquita et à Bogota. Je ne pousserai pas plus loin ces comparaisons, qu'il serait aisé de multiplier. Si l'usage du sel des marais salants n'est pas répandu dans Antioquia et dans le Cauca, on n'y consomme pas davantage du sel gemme. La difficulté des transports est un obstacle, les routes étant aussi mauvaises que dans la Cordillère orientale ; vu la distance, il serait aussi coûteux de faire venir le sel en roc de Cipaquira à

Medellin que d'y apporter du sel de l'Océan; en effet, entre les vallées de la Magdalena et du Cauca, les transports par mulets cessent d'être praticables : ils ont lieu sur le dos des hommes, des cargueros, mettant douze jours et plus pour franchir le Quindiu.

Une population ne saurait se passer de sel dans son alimentation; quelle est donc l'origine de celui que consomment les trois cent mille habitants d'Antioquia? De salines n'ayant d'analogie avec aucun des gisements salifères connus.

Le sel est fourni par des eaux apparaissant dans des conditions fort singulières, que j'ai signalées autrefois aux géologues, après en avoir fait une étude attentive; elles se montrent quelquefois dans des dépôts arénacés peu développés, mais on s'assure bientôt que ces eaux salées ne leur appartiennent pas, qu'elles viennent certainement du terrain sur lequel repose le sédiment; aussi le dépôt manque souvent, et l'on aperçoit l'eau salée suinter d'une roche cristalline.

Dans une exploration poussée jusqu'au sud de l'Équateur, j'ai constaté que cette eau sort du granit, du gneiss, du micaschiste, de la syénite, du grunstein, de la dolérite, même du trachyte, et non pas, ainsi qu'on aurait pu le penser, d'argile salifère ou d'amas de sel gemme, amoncelés sur un terrain tertiaire, ainsi qu'à Wieliska, en Europe, et dans l'Amérique méridionale où des masses considérables de sel sont en relation avec le calcaire néocomien [1].

Les puits fournissant de l'eau salée sont très nombreux : les plus importants se trouvent près de la ville de Medellin; l'un d'eux, celui de Guaca, est des plus productifs; quand j'étais aux salines, il fournissait en sept heures

---

[1] Boussingault, *Rapport sur les salines des Cordillères*, adressé, en 1831, au Ministre de la Guerre de la Nueva Granada.

4460^lit d'une eau qu'on évaporait dans des bassins en cuivre. Le sel retiré était mis à égoutter : il s'en écoulait un liquide d'une forte amertume et qu'on recueillait comme un excellent spécifique anti-goîtreux, sous le nom d'*aceyte de sal* (huile de sel). C'est dans ce produit que j'ai découvert de l'iode, il y a bien des années.

L'eau mère de Guaca m'a donné pour 100gr :

	gr
Chlorure de sodium (sel marin) . .	19,96
Chlorure de magnésium.	1,94
Chlorhydrate d'ammoniaque	0,08
Bromure de magnésium.	0,36
Iodure de magnésium	0,01
Sulfate de potasse	7,53
Sulfate de chaux	0,30
Sulfate de soude.	0,03
Lithine.	indice
	30,21 (1)

Les salines iodifères sont exploitées, parce que leur position exceptionnelle les met à l'abri de la concurrence du sel gemme ou des marais salants; il est rare que leur teneur en sel arrive à 2 pour 100. Malgré cette pauvreté, on retire du sel des salines de Muela, del Ciruelo, de Moyan, del Feñol, de Quinchia, etc.

Les Indiens les exploitaient avant la conquête; le cacique d'Anserma, possesseur du plus grand nombre, était considéré comme le maître du sel.

Le gisement sans aucun doute le plus important et le plus curieux de sel iodifère est celui de Mira, entre Pasto et Quito, à peu de distance et au nord d'Ibarra, une plaine de sable au milieu de laquelle est le village de Salinas, on en lessive la superficie pour en retirer du sel qu'on moule

(1) J'ai fait ressortir, dans un autre travail, que l'eau mère de la saline de Guaca rappelait, par sa composition, l'eau de la mer Morte.

en pains d'environ 3 ou 4 livres. Entre Salinas et Mira, on en extrait annuellement 4000 cargas, soit à peu près 10000 quintaux. Patia, Pasto et une partie de l'Équateur consomment du sel de Mira; aussi, de même que dans Antioquia, avec sa nourriture, un habitant prend chaque jour une dose d'iode.

Le trachyte du Chimborazo a des sources salées. Le village de Simiatug (salines) est sur des roches d'où suinte de l'eau salée, avec laquelle les Indiens arrosent des prairies; par la dessiccation on obtient un sel blanc en cristaux déliés que l'on met dans de petits sacs de toile (cabuyas) pour l'exporter au loin sous le nom de *sal de Tomavela,* parce que c'est un sel ayant la propriété de faire disparaître le goître. La plus grande partie des eaux n'est pas utilisée : on pourrait en retirer de grandes quantités de sel; il est vraisemblable que les marais salants de la côte du Peru sont un obstacle à l'extension du travail des Indiens Simiatug.

L'ensemble de ces observations conduit à cette conclusion, aussi curieuse qu'inattendue, que dans la Nouvelle-Grenade et l'État de l'Équateur, dans les plaines aussi bien que dans les régions montagneuses, par conséquent sous les climats les plus divers, sur les roches cristallines, le granite, le gneiss, la syénite, les trachytes, comme sur les dépôts sédimentaires, tels que le calcaire néocomien, le grès à gisements houillers, l'homme est exposé à contracter le goître aussitôt qu'il n'est plus sous l'influence maritime, lorsque, en s'éloignant des côtes, il cesse de faire concourir à son alimentation le sel des marais salants, en lui substituant le sel gemme.

Antioquia, le Cauca où plus de cinq cent mille habitants, tout en étant en dehors de l'influence maritime, échappent complètement à l'affection goîtreuse, ne sont pas une exception. Il est vrai que le sel des marais salants n'y est pas remplacé par le sel gemme; l'immunité dont jouis-

sent ceux qui vivent dans ces provinces est due à cette circonstance singulière sur laquelle j'ai été assez heureux d'attirer l'attention des géologues : l'existence sur un territoire très étendu de salines produisant un sel plus riche en composés iodurés que celui de l'Océan et dont l'usage adopté par les Espagnols lors de la conquête n'a jamais été interrompu.

On trouverait difficilement, dans l'Amérique méridionale, une population plus robuste que celle de la province d'Antioquia; l'usage habituel de sel iodifère n'a donc aucun inconvénient sur la santé.

Quand on considère le nombre de goîtreux dans la Cordillère orientale seulement, surtout dans la province du Socorro, je suis en droit de m'étonner de ce que le Gouvernement n'ait pas tenu compte de la proposition formulée dans mon Rapport : d'établir dans les localités où le goître est endémique des entrepôts de sel ioduré d'Antioquia, et de mettre à la disposition des habitants, dans les localités où l'on redoute l'invasion de cette maladie, des eaux-mères des salines de Guaca, et cela à titre gratuit, car ce spécifique, que l'on mêle à petites doses au sel gemme, n'est pas employé par les pauvres gens.

Il est incontestable qu'en favorisant l'exportation du sel iodifère d'Antioquia le revenu des mines de sel gemme administrées par l'État diminuerait; mais, dans mon Rapport, j'avais en vue l'intérêt de la santé publique, espérant contribuer à faire disparaître une affection qui, défigure l'homme, en exerçant en outre sur ses facultés intellectuelles de déplorables effets.

SUR LA FIXATION
DE
L'AZOTE ATMOSPHÉRIQUE
PAR LA TERRE VÉGÉTALE;

Par M. Th. SCHLOESING.

Dans une précédente Communication ([1]), j'ai résumé les idées qui m'ont encouragé à entreprendre des recherches sur l'ammoniaque atmosphérique; je rappelais que, pendant leur circulation entre les trois règnes, les composés de l'azote éprouvent des pertes qui exigent une réparation; que le seul mode de réparation réellement constaté est la combinaison directe de l'azote avec l'oxygène, au sein de l'atmosphère, sous des influences électriques; qu'ainsi l'électricité a une part, avec la chaleur et la lumière, dans l'entretien de la vie. J'observais ensuite que, les continents étant essentiellement nitrificateurs, l'azote combiné y est transformé en nitre et charrié à la mer, où il est changé en ammoniaque. Il a pris alors l'état le plus favorable à la dissémination : passant de la mer dans l'air, il est porté dans toutes les parties du globe par les courants atmosphériques. Les plantes, la terre végétale le puisent dans ces courants, et ainsi s'explique, en ce qui concerne l'azote, l'entretien de la végétation naturelle et le bénéfice

([1]) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, 18 janvier 1875.

de composés azotés constaté dans la culture, quand la fumure n'est pas surabondante.

Travaillant dans cet ordre d'idées, j'étais évidemment appelé à discuter une théorie très différente, professée par M. Dehérain, d'après laquelle la terre végétale, dans ses rapports avec l'air, les eaux, les plantes, les engrais, perd plus d'azote combiné qu'elle n'en reçoit, et comble son déficit par la fixation directe de l'azote gazeux sur sa matière organique. La vraie démonstration de cette théorie serait de constater un bénéfice d'azote acquis par une terre, dans une atmosphère exempte de composé nitreux et d'ammoniaque. Cette preuve n'a pas été faite : bien au contraire, M. Boussingault a montré que la terre végétale, conservée dix ans dans une atmosphère oxygénée, n'acquiert pas d'azote combiné; elle n'en a pas acquis davantage quand je l'ai abandonnée dans l'azote pur. Au lieu de constater directement, dans la terre même, le fait qu'il voulait établir, M. Dehérain a institué de nombreuses expériences pour prouver que l'azote gazeux peut être fixé à l'état de combinaison par diverses matières organiques. Voulant me faire une conviction, j'ai dû reproduire la plupart de ces expériences, mais en évitant, autant qu'il m'a été possible, les causes d'erreur qu'on peut leur reprocher.

Expériences dans les tubes scellés. — Un tube étranglé à sa partie supérieure reçoit successivement des dissolutions bouillies de soude et de glucose; l'étranglement est ensuite étiré en pointe fine. Le tube, toujours ouvert, est plongé dans un bain d'eau, dont on prend la température; on l'y ferme d'un trait de chalumeau; après un chauffage prolongé, on en extrait le gaz avec la pompe à mercure; le tube, vide de gaz, détaché de la pompe, est ouvert sous le mercure; le mercure introduit mesure le volume occupé au début par l'air; le gaz extrait est mesuré, puis analysé avec l'eudiomètre de M. Regnault.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Glucose	4gr,3	4gr,3	4gr,3	5gr	5gr
Soude	4,3	4,3	4,3	15	15
Eau	14	14	14	20	20

(Chauffage à 100°, pendant quatre-vingt-dix-huit heures pour I, II, III, pendant cent quatre-vingt-douze heures pour IV et V.)

	I.	II.	III.	IV.	V.
Gaz extraits (à 0° et 760mm)	31cc,43	34cc,56	28cc,59	39cc,5	41cc,55
contenant C^2H^4?	0,25 pour 100	0,45 pour 100	0,52 pour 100	0,15 pour 100	0,19 pour 100
contenant H				25,22 »	24,80 »
contenant Az	99,75 »	99,55 »	99,48 »	74,63 »	75,01 »
Azote retrouvé	31,36	34,40	28,44	29,48	31,09
Azote employé	31,09	34,19	28,37	29,40	31,20
Différence	+0,27	+0,21	+0,07	+0,08	−0,11

Il n'y a pas eu d'azote fixé; cependant, dans les tubes IV et V, il s'est produit de l'hydrogène qui a dû passer par l'*état naissant*.

Des expériences analogues, faites dans des ballons à long col, où l'on mettait jusqu'à 20gr de glucose avec de l'ammoniaque ou de la soude, n'ont pas donné de meilleurs résultats.

Barbotage de l'azote dans des dissolutions de glucose et d'alcali. — M. Dehérain a fait passer de l'azote dans une dissolution de soude et de glucose. Le mélange, analysé ensuite par la chaux sodée, a donné de l'ammoniaque; le glucose seul et la soude seule n'en fournissaient pas : d'où la conclusion que l'ammoniaque obtenue représente de l'azote fixé par le glucose. Mais M. Dehérain n'a pas cherché dans sa soude les nitrates, qui s'y trouvent presque toujours. Or on sait que la soude nitrée seule ne donne pas trace d'ammoniaque avec la chaux sodée; mais, si elle est mêlée d'avance avec du glucose, son acide nitrique est presque totalement converti en ammoniaque. Il est donc permis de supposer que l'azote *fixé* est simplement celui des nitrates, et cette hypothèse explique l'utilité de

l'énorme excès de soude employé par M. Dehérain, l'azote trouvé par l'analyse étant évidemment proportionnel au poids de cette soude.

En reproduisant ces expériences, je me suis attaché à la seule détermination de l'azote gazeux avant et après le barbotage. Pour mieux constater une variation de volume, je devais employer peu d'azote, et cependant il fallait produire un barbotage prolongé. En conséquence, après avoir fait le vide dans un ballon contenant la soude et le glucose et après avoir remplacé l'air par un volume mesuré d'azote pur, je me servais de la pompe comme propulseur du gaz et faisais circuler indéfiniment à travers le liquide le même azote, à l'aide de dispositions que chacun peut concevoir sans description Dans trois expériences, où le poids du glucose a varié entre 10^{gr} et 15^{gr}, et celui de la soude entre 25^{gr} et 55^{gr}, où la durée du chauffage a été de six, douze, trente-deux heures, les résultats ont été négatifs comme les précédents :

	I.		II.		III.	
	cc		cc		cc	
Azote introduit.	146,19	—0,55	137,53	—0,30	171,74	+0,90
Azote extrait...	145,64		137,23		172,64	

Matières organiques, dans l'azote, à la température ordinaire. — J'ai opéré sur du terreau neuf, seul ou mélangé à divers alcalis. La matière étant placée dans un ballon, je façonnais le col en forme de tube à dégagement ; je faisais le vide et j'introduisais un volume connu d'azote : le ballon était ensuite abandonné, le col plongé dans le mercure, sous une éprouvette à recueillir les gaz. Finalement, les gaz non dégagés dans l'éprouvette étaient extraits par la pompe.

Les expériences ont duré dix mois, de juin 1873 à mai 1874.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Terreau séché à l'air	160gr	150gr	150gr	150gr	150gr
Eau	50	40	40	40	40
		Craie 50	Chaux 50	Carb. soude 44	Potasse 30
	cc	cc	cc	cc	cc
Gaz recueillis: Combustibles	6,5	2,2	0	3,5	1,2
Gaz recueillis: CO^2	481,1	413,9	0	0,40	0
Gaz recueillis: Azote	239,1	267,7	165,4	203,9	228,6
Azote introduit	220,4	256,2	164,3	200,3	227,6
	+18,7	+11,5	+1,1	+3,3	+1,1

Ainsi, dans ces expériences, il y a bien eu des variations entre les volumes d'azote introduit et recueilli; mais elles attestent toutes un dégagement et non une absorption.

En résumé, ni les tubes scellés, ni le barbotage de l'azote, ni les variations de proportion entre les matières réagissantes, ni l'exposition du terreau dans une atmosphère privée d'oxygène ne m'ont présenté le fait annoncé de la fixation de l'azote.

PRÉPARATION

DU

PHOSPHATE AMMONIACO-MAGNÉSIEN

AU MOYEN DE L'URINE;

SON ACTION COMME ENGRAIS.

On a proposé, il y a quelque temps, d'extraire, pour l'agriculture, l'acide phosphorique entrant dans la composition de l'urine de l'homme, en ajoutant à ce liquide un lait de chaux, qui y détermine un précipité de phosphate calcaire.

J'ai pensé qu'il serait possible, en substituant un sel de magnésie à la chaux, de recueillir à la fois l'acide phosphorique et l'ammoniaque développés durant la fermentation de l'urée. Les essais tentés dans le cours de l'année 1845 m'ont convaincu qu'il était facile d'arriver à ce résultat et d'obtenir ainsi un engrais renfermant deux des principes fertilisants les plus actifs. En juin, j'ai versé une dissolution de chlorhydrate de magnésie dans 69^{kg} d'urine qui, en cinq jours, prirent l'aspect laiteux; et, à partir de ce moment, le dépôt de phosphate ammoniaco-magnésien augmenta rapidement. Un mois après, on décanta pour recevoir le phosphate sur une toile. C'était un sel blanc, en petits cristaux; séché à l'air, il a pesé 460^{gr} : l'urine a fourni, par conséquent, environ 7,3 pour 1000 de phosphate ammoniaco-magnésien. Ce moyen de concentration pourrait être appliqué dans les établissements où l'on réunit de grandes quantités d'urine : les ateliers, les prisons, pour en obtenir un engrais énergique, d'un

transport facile. On eut l'occasion de remarquer que l'intervention de la magnésie atténua notablement l'odeur fétide résultant de la putréfaction.

Que le phosphate ammoniaco-magnésien fût un agent utile à la végétation, on ne pouvait en douter. De nombreuses analyses des matières organiques et inorganiques des végétaux, exécutées dans des recherches sur les assolements, avaient fait ressortir les relations des divers éléments entrant dans la constitution des plantes. Je trouvai, par exemple, que, dans une terre considérée comme peu fertile, la magnésie se rencontrait constamment dans les cendres; aussi ai-je été conduit à reconnaître que les parties minérale du froment, du maïs, des légumineuses ont toujours, entre autres substances salines, du phosphate de magnésie; j'aperçus, en outre, une connexion évidente entre l'azote et l'acide phosphorique, indiquant que, dans l'organisme végétal, les phosphates appartiennent surtout aux principes azotés nutritifs, qu'ils suivent jusque dans l'organisme des animaux.

Ces considérations m'engagèrent à essayer, comme engrais, le phosphate ammoniaco-magnésien. Ce sel possède d'ailleurs une propriété qui le rend précieux, une solubilité excessivement faible; et, sur ce point, il est convenable de s'arrêter un instant, par la raison que l'on se prononce quelquefois assez témérairement sur la valeur d'un agent fertilisant.

Si les agents solubles sont utiles, il ne l'est pas moins, l'expérience le prouve, que leur efficacité ne se manifeste que dans certaines limites de quantités. Le principe le plus favorable par sa nature peut devenir nuisible par sa proportion, si l'eau humectant la terre en contient trop en dissolution. Admettons à présent que, quoi qu'on ait dit, les substances salines n'agissent sur les végétaux qu'autant qu'elles sont dissoutes, et l'on comprendra que celles-là seulement qui sont extrêmement peu solubles peuvent être

d'une application avantageuse comme amendement; effectivement, l'eau même, alors qu'elle en est saturée, n'en prend qu'une proportion assez minime pour ne pas altérer les spongioles des racines. C'est ce qui a lieu pour le gypse, dont la solution au maxima n'en renferme pas au delà de $\frac{1}{460}$. Si une partie de l'humidité du sol est dissipée par la sécheresse, il y aura précipitation de sulfate, mais l'eau restant pour abreuver la plante n'en sera pas plus chargée, elle n'y portera en plâtre ni plus ni moins que le $\frac{1}{460}$ de son poids, il n'y aura jamais excès d'engrais, comme il arriverait si l'on appliquait un sel plus soluble, par exemple le sulfate de potasse dont l'action favorable dans la culture n'est pas contestée. A faible dose, les effets du sulfate seront avantageux. Toutefois, si, par une dessiccation partielle, la dissolution devient saturée, elle contiendra alors $\frac{1}{10}$ de sel, qui exercerait sans aucun doute une action destructive sur les racines.

C'est une règle générale que, dans les amendements solubles communément employés, il faut toujours se préoccuper de l'état de concentration. Ainsi tel purin qui tuera l'herbe sur laquelle on le répandra en temps sec la fera au contraire développer activement s'il est versé pendant ou immédiatement après la pluie. Un agent aussi peu soluble que l'est le phosphate ammoniaco-magnésien, quelle que soit la sécheresse ou l'humidité, n'exercera jamais une action nuisible, mais toujours un effet utile.

Le 1er mai 1846, j'ai institué à Bechelbronn une série d'expériences pour juger les propriétés fertilisantes du phosphate ammoniaco-magnésien. Des vases de grès avaient été remplis avec 15^{lit} de terre végétale; la surface en contact avec l'air était 4^{dq}. Les vases furent placés dans un champ ensemencé de maïs quarantain; on les partagea en deux lots : n° 1, ceux dans lesquels on avait mêlé au sol 16^{gr} de phosphate; n° 2, ceux renfermant la terre sans addition de sel.

Dans chacun des vases on avait planté un grain de maïs en voie de germination. Quand la sécheresse l'exigeait, on arrosait les vases avec le même volume d'eau.

Pendant les quinze jours qui suivirent leur sortie de terre, tous les plants avaient la même apparence, la même vigueur ; c'est à partir du vingt-cinquième jour que l'on nota une différence perceptible.

Le 25 juillet, les plants de la première série, ceux qui s'étaient développés sous l'influence du phosphate ammoniaco-magnésien, avaient une hauteur double et un diamètre de tige triple de la hauteur et du diamètre du maïs de la seconde série. Un mois après, le 25 août, ces rapports ne furent plus les mêmes. Le maïs de la première série avait une fois et demie la hauteur et deux fois le diamètre du maïs de la seconde série.

Tous les plants ont fleuri et épié en même temps. Ceux dont le développement avait eu lieu sous l'influence du phosphate portaient deux épis complets et un épi avorté ; les autres, un épi complet et un épi avorté : j'ajouterai que c'est dans cette dernière condition que se trouvait généralement le maïs cultivé en pleine terre.

Le poids des grains de la première série au phosphate et le poids des grains de la deuxième série étaient dans le rapport de $2\frac{1}{4}$ à 1.

Tout en attachant, au point de vue agricole, assez peu d'importance aux essais faits sur une échelle aussi limitée, il convient néanmoins de reconnaître que ces essais permettent d'apprécier la faculté fertilisante d'un engrais exercée à des températures et des degrés d'humidité absolument égaux, et qu'on ne retrouve pas dans une grande culture. En définitive, ce mode de procéder avec précision est une expérience de physiologie végétale qui éclaire sur la puissance productive d'un amendement, sans qu'il soit permis d'affirmer qu'on la retrouverait en agissant en plein champ. J'ai eu l'occasion de faire des expériences com-

paratives sur bien des engrais, dans les circonstances que je viens d'indiquer, mais jamais je n'avais obtenu des effets différentiels aussi saillants.

Dans l'intention où j'étais d'exécuter des recherches sur le concours du phosphate ammoniaco-magnésien incorporé aux fumiers, je priai Schattnemann, qui dirigeait avec tant d'habileté la fabrique des produits chimiques de Bouxwiller, de préparer du phosphate par un procédé industriel. Comme résidu du traitement des os pour en faire de la colle ou de la gélatine, on disposait à l'usine de quantités considérables de phosphate de chaux déjà dissous dans l'acide chlorhydrique, d'où l'on pouvait extraire de l'acide phosphorique. L'établissement produisait, en outre, des sels ammoniacaux; il ne manquait, pour constituer du phosphate ammoniaco-magnésien, qu'un seul élément, de la magnésie, qu'on se procurait facilement en traitant une roche de dolomie par les acides. Le phosphate venant de Bouxwiller était suffisamment pur; malheureusement, je ne pus l'employer en grande culture et je me bornai à l'appliquer dans les jardins, où chacun put constater son efficacité.

En 1850, M. Isidore Pierre, professeur à la Faculté des Sciences de Caen, fit des recherches sur l'application du phosphate ammoniaco-magnésien à des cultures de froment ou de sarrasin; je me bornerai à rapporter les conclusions de son travail :

1° Le phosphate ammoniaco-magnésien, employé à la dose de 150^{kg} à 300^{kg} par hectare, a exercé sur les récoltes de froment une action favorable très prononcée.

2° Toutes choses semblables d'ailleurs, son action paraît plus sensible sur les terres qui commencent à se fatiguer de céréales trop fréquemment répétées.

3° L'un des effets constants du phosphate ammoniaco-magnésien sur les récoltes de froment est un accroissement sensible dans le poids spécifique du grain. Cet

accroissement s'est élevé jusqu'à 3 pour 100 dans nos expériences.

4° Enfin, employé sur le sarrasin ordinaire à la dose de 250^{kg} à 500^{kg} par hectare, dans une terre de très médiocre qualité, ce même phosphate y a produit des résultats différentiels très remarquables. La récolte du grain a été plus que sextuplée; la récolte de la paille plus que triplée [1].

---

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXXVI.

LE

PALMIER A CIRE

(CEROXYLON ANDICOLA).

C'est en traversant la montagne de Quindiú que je rencontrai le palmier à cire décrit par Humboldt sous le nom de *ceroxylon andicola*. J'avais établi mon bivouac sur les bords du Tochecito, à 2500^{m} au-dessus du niveau de la mer; ce n'est pas la limite de la végétation de l'arbre à cire, on la suit jusqu'à l'altitude de 3000^{m}, station où, pendant les nuits sereines, la température baisse jusqu'au point de congélation. En voyant le céroxylon prospérer dans une telle condition climatérique, où sur les cimes des Andes d'épais brouillards, les pluies alternent avec de fortes sécheresses, je pensai qu'il serait possible de l'introduire dans certaines contrées d'Europe; aussi j'en emportai plusieurs plants, qui, malheureusement et malgré mes soins, ne résistèrent pas aux chaleurs intenses des plaines de la vallée de Magdalena; tous périrent avant d'arriver à l'embarcadère du Rio-Grande.

Le *ceroxylon andicola* est certainement un des palmiers les plus remarquables des régions intertropicales, d'abord par son aptitude à se développer dans des régions relativement froides, par sa grande hauteur, par la production d'une matière aussi utile que la cire; j'en laisserai la description à un voyageur botaniste, M. André, qui en a fait une étude des plus intéressantes, complétant les observations recueillies par de Humboldt et moi.

« Il était presque nuit, rapporte M. André, lorsque j'arrivai à l'hacienda de *las Cruces,* construite avec de beaux troncs de palmiers ressemblant à des colonnes d'ivoire cerclées d'anneaux bruns, encore couverts de la cire blanche d'où l'arbre tire son nom. La charpente était faite du même bois, souple, fort, inaltérable. Le toit, formé de feuilles énormes, argentées en dessous, prenait des nuances singulières et constituait une couverture chaude et imperméable. A 2^h du matin, le thermomètre marquait $+ 2°$; le cours du torrent Tochecito se dessinait sous les bandes sinueuses de vapeurs blanches qui le recouvraient dans une direction est, jusqu'à sa jonction avec le rio Coello. A gauche, les colonnes de céroxylons s'élevaient comme de sveltes piliers de cathédrale; nulle brise n'agitait le feuillage de leur majestueuse couronne qui s'élançait à 60^m dans les airs. Ce spectacle, calme, imposant, jetait dans l'âme une émotion qu'on ne saurait oublier.

» On fit abattre quelques palmiers pour en récolter les fruits et les fleurs. Deux colosses s'écroulèrent bientôt avec fracas sous les coups des haches; ils se brisèrent en plusieurs morceaux et laissèrent échapper une moelle blanche en longs copeaux spongieux. Un de ces troncs avait 60^m de longueur. Sa circonférence, à la base, était de $1^m,24$ et, près du sommet, de $0^m,75$, exemple curieux de gracilité pour une si grande élévation. Les fibres du bois arrachées par la violence du choc se dressaient sur le chicot resté debout, noires, fines et dures comme des fils d'acier bruni. L'épaisseur de la couche ligneuse (placée à l'extérieur, contrairement aux autres dicotylédones) atteignait $0^m,05$; le reste, surtout au centre, était blanc avec la consistance du liége. Entre les feuilles brisées, longues de 5 à 6^m, glauques en dessus, blanches en dessous, les régimes de fruits longs de 2^m, qui, vus d'en bas, avaient paru si petits, gisaient éparpillés. Leurs innombrables

baies orangées, à pulpe douce, de la grosseur de grains de chasselas, avaient roulé sur le sol; plusieurs milliers furent recueillies pour être expédiées en Europe, ainsi que des feuilles, des spathes et deux rondelles du tronc. Ces arbres paraissaient âgés de cent cinquante à deux cents ans.»

La récolte de la cire se fait de deux manières. La première, aussi barbare qu'expéditive, consiste à jeter bas les arbres et à gratter l'écorce. L'autre mode d'opérer, le seul rationnel, est de râcler la cire en grimpant sur les arbres. Une courroie passée à la ceinture du grimpeur le fixe au tronc sur lequel s'appuient ses jambes, et, au moyen d'une râclette aiguisée, il fait tomber en descendant la cire dans son tablier. L'épaisseur de l'enduit cireux, parfois roussi par un petit lichen, varie entre $\frac{1}{3}$ et $\frac{1}{2}$ millimètre.

Chaque arbre fournit de 8 à 12^{kg} de cire blanche ou jaunâtre; un *peon* (ouvrier) peut en récolter de huit à dix arrobas (50 à 60^{kg}) dans une campagne.

Cette cire répand assez de fumée durant sa combustion; dans la vallée du Cauca, on y ajoute du suif lorsqu'on en fait des chandelles.

Sur les versants orientaux du Quindiú, on ne voit pas de céroxylon avant d'être parvenu à 2000^{m} d'altitude; on le suit jusqu'à la hauteur de 3000^{m}.

Les *palmares* sont plus abondants dans les environs de *las Cruces;* ils occupent une zone ne s'étendant guère que sur 15 à 20^{km} nord-sud; de la *mesa* de Hervé au massif du Quindiú, on ne les trouve plus dans les deux passages de la Cordillère séparés par le volcan de Tolima. M. André a vainement cherché les forêts de chênes dans la proximité des *palmares*. Les *quercus Humboldti* ne dépassent pas l'altitude de 1800^{m}; ils sont de terres tempérées et non de terres froides. Ce ne serait pas le *ceroxylon andicola* qui vivrait en leur compagnie, mais une autre espèce plus petite, encore peu connue, le *ceroxylon ferrugineum,* caractérisé surtout par ses baies à surface rugueuse; elle est

commune à l'ouest de la Cordillère occidentale, jusque dans la république de l'Équateur.

La *cera de palma,* quand elle a été fondue, est translucide, à cassure conchoïde, fortement électrique par la friction; elle renferme deux principes distincts : l'un, ayant l'apparence de la cire, l'autre présentant les caractères des résines. On sépare ces principes par des traitements alcooliques. Le refroidissement d'une solution laisse déposer une matière gélatineuse : c'est de la cire. L'alcool refroidi donne : après concentration, des cristaux blancs aciculaires, c'est de la résine; la solution retient une substance d'une extrême amertume, peut-être un sel d'alcali organique.

La cire extraite de la *cera de palma* brut fond à 72°; son aspect, ses propriétés la rapprochent de la cire d'abeille, dont elle a d'ailleurs la composition, d'après mes analyses et celles de Léwy.

	Cire du palmier.	Cire d'abeilles.
Carbone	80,8	80,6
Hydrogène	13,3	13,4
Oxygène	5,9	6,0
	100,0	100,0

La résine en cristaux de la *cera de palma*, lorsqu'elle est fondue, ressemble au succin; en se solidifiant, elle se fendille dans tous les sens; elle est soluble dans l'éther et les huiles essentielles. Léwy a trouvé pour sa composition :

Carbone	82,19
Hydrogène	11,50
Oxygène	6,31
	100,00

Les substances que l'on vient de signaler dans la *cera* du *ceroxylon andicola* sont fort répandues dans le règne

végétal; les plantes les élaborent souvent avec assez d'abondance pour qu'on puisse les utiliser dans l'industrie; je décrirai ici quelques-uns de ces produits, dont la constitution est suffisamment connue.

Cire de Chine, extraite du *rhus succedaneum.* — Cette cire, cristallisée, a l'aspect du blanc de baleine; elle fond à 82°; elle est peu soluble dans l'alcool et l'éther. Les alcalis la saponifient. Composition :

Carbone................	80,60
Hydrogène..............	13,43
Oxygène................	5,97
	100,00

C'est exactement, ainsi que l'a fait remarquer Léwy, la constitution de la cire provenant du céroxylon.

Cire du carnauba. — Cette matière enduit la surface des feuilles d'un palmier du Brésil (provinces du nord). Les feuilles étant séchées à l'ombre, on en détache la cire, avec laquelle on fait des bougies. La cire du *carnauba* étant dissoute dans l'alcool bouillant, il se dépose par le refroidissement une masse cristalline fusible à 83°,5. D'après Léwy, cette cire contient :

Carbone................	80,32
Hydrogène..............	13,07
Oxygène................	6,61
	100,00

C'est encore la composition de la cire du céroxylon; il y a toutefois cette différence que son point de fusion est notablement plus élevé.

Cérosie. — Découverte par Avequin sur l'épiderme des cannes à sucre. C'est une poussière blanche, cristalline, soluble dans l'alcool chaud, insoluble dans l'alcool froid; elle fond à 82°.

MM. Dumas et Léwy ont trouvé pour la composition de la cérosie :

Carbone	81,82
Hydrogène	13,63
Oxygène	4,55
	100,00

Bétuline. — Cire de l'épiderme de l'écorce du bouleau blanc. Cristalline, fusible à environ 200°.

D'après Hess, elle contient :

Carbone	81,11
Hydrogène	10,92
Oxygène	7,97
	100,00

Copal dur. — Cette résine provient de *l'hymenæa verrucosa.*

M. Dumas y a dosé :

Carbone	80,0
Hydrogène	10,4
Oxygène	9,6
	100,00

Cire andaquies. — Un botaniste, Goudot, a recueilli des renseignements intéressants sur l'origine de cette cire, que des Indiens du Rio-Caqueta, de la tribu des Tamas, retirent des ruches de petites abeilles que l'on rencontre en assez grand nombre établies sur un même arbre. C'est une cire jaunâtre, d'une densité de 0,917, fusible à 77°. On en prépare des cierges pour l'usage du culte.

Comme la cire de l'abeille d'Europe, la cire andaquies contient trois matières distinctes que l'on isole par l'action de l'alcool : deux de ces matières sont solides, cristalli-

sées; la troisième a une consistance huileuse. Les recherches de Léwy ont révélé ce fait curieux que 100 parties de cire andaquies sont un mélange de 50 parties d'une substance A analogue à la cire de palmier céroxylon, de 45 parties de cérosie B de la canne à sucre, de 5 parties d'une matière huileuse.

Composition :

	Cire A.	Cire B.
Carbone..........	80,9	81,6
Hydrogène.........	13,4	13,7
Oxygène...........	5,7	4,7
	100,0	100,0
Degrés de fusibilité...	72°	82°

On voit que A a la composition et le point de fusion de la cire séparée de la *cera* du *ceroxylon andicola,* que B a la composition et le point de fusion de la cérosie.

Résine du liège. — Je l'ai obtenue en traitant le liège par l'éther dans un appareil à déplacement. L'éther, en s'évaporant, a donné de très belles aiguilles incolores, ayant un aspect vitreux après la fusion.

J'ai eu pour sa composition :

Carbone...............	81,0 [1]
Hydrogène.............	11,2
Oxygène...............	7,8
	100,0

Cire d'Ocuba. — Ce produit vient d'un arbuste de la province de Para, le *myristica ocuba* de Humboldt et Bompland. Suivant M. Sigaud, on l'extrait d'un fruit charnu à noyau et recouvert d'une pellicule cramoisie communiquant à l'eau une teinte pourpre. Le fruit est mis à bouillir

[1] Calculé avec l'équivalent du carbone, 75.

après avoir été broyé, la cire liquide se rassemble à la surface de l'eau chaude; on assure que 16kg de semences en rendent 3kg. Cette cire, légèrement jaune, sert à la fabrication des bougies; elle entre en fusion à 36°,5.

Léwy y a dosé :

Carbone	74,0
Hydrogène	11,3
Oxygène	14,7
	100,0

Cire de bicuïba. — C'est une cire blanche, retirée, par un moyen qu'on n'a pas décrit, du *myristicabicuhyba*; elle est très soluble dans l'alcool chaud et fond à 35°.

Léwy donne pour sa composition :

Carbone	74,4
Hydrogène	11,1
Oxygène	14,5
	100,0

Cire du myrica cerifera. — C'est une cire verte, à cassure conchoïde, fusible à 47°,5; on l'extrait en soumettant à l'ébullition dans l'eau les baies d'un myrica très abondant dans la Louisiane et dans les stations tempérées des Cordillères; ainsi que l'a reconnu M. Chevreul en la saponifiant, on en retire de l'acide margarique, de l'acide stéarique, de l'acide oléique et de la glycérine.

Lévy a dosé dans la cire verte du *myrica cerifera :*

Carbone	74,2
Hydrogène	12,1
Oxygène	13,7
	100,0

Résine de Maynas. — Cette résine vient de plusieurs

localités de l'Amérique méridionale, particulièrement de la province de Maynas. Suivant Goudot, cette substance est aussi produite dans les plaines de Meta, de l'Orénoque, par le *calophyllum caloba,* qu'on désigne sous le nom de *palo de Maria,* et dans la vallée du Cauca sous celui de *palo de aceite.* Humboldt et Bompland ont indiqué le *calophyllum longifollium* comme producteur de la résine de Maynas; par conséuqent il n'est pas douteux qu'elle soit extraite d'un arbre appartenant à la famille du *calophyllum.*

Cette substance possède les caractères des résines, mais elle a cette propriété, qu'étant dissoute dans l'alcool chaud elle s'en sépare par le refroidissement en beaux cristaux dont la forme est du système monoclinoédrique (prisme rectangulaire oblique).

Ces cristaux, d'une densité de 1,12, fondent à 105°; une fois fondue, la résine ne se solidifie que vers 90°. Sa composition, d'après Léwy, est :

Carbone..................	67,2
Hydrogène......	7,2
Oxygène..........	25,6
	100,0

Cire de l'Amaranthæa lutea. — Avant d'entrer dans la Cordillère centrale pour se rendre de la vallée du Magdalena dans la vallée du Cauca, les *cargueros* font une provision de *bijados;* ce sont les feuilles de l'*Amaranthœa,* ayant environ 1^{m} de longueur sur une largeur de 0^{m},3; elles sont prises pour abriter les bivouacs; chaque piéton en forme un rouleau qu'il joint à son chargement et qu'il déroule à la station où l'on doit passer la nuit, pour les fixer sur la toiture inclinée que l'on improvise dans la forêt en reliant des scions de branches par des lianes. A l'entour du campement on ouvre dans le sol une rigole

pour l'écoulement des eaux. On est ainsi parfaitement à l'abri des plus fortes pluies. Le lendemain, au départ, les *bijados* sont enlevés de la toiture, superposés, roulés et emportés pour servir dans une nouvelle station.

Par l'usage, les feuilles perdent de leur flexibilité; elles ne peuvent plus servir d'abri. C'est alors qu'il apparaît à leur surface une matière blanche, extrêmement divisée, dont j'ai recueilli une quantité suffisante pour être examinée.

C'est une espèce de cire dont le point de fusion est entre 83° et 85°. Séchée à l'étuve, la perte en humidité a été de 1,88. Elle est soluble dans l'alcool chaud; la solution n'avait pas de réaction acide.

Composition :

Carbone	75,94
Hydrogène	14,74
Oxygène	9,32
	100,00

C'est évidemment à cette substance que les feuilles de l'*Amaranthœa lutea* doivent leur imperméabilité.

Cire de l'arbre de la vache. — Les sèves laiteuses ont des globules de matières cireuses ou résineuses. On pourrait citer la sève du *Carica papaya,* dans laquelle Vauquelin a signalé la présence de l'albumine, du sucre, d'une cire et d'une résine; la sève de l'*Hura crepitans,* si justement redoutée par ses propriétés toxiques; mais, pour terminer, je me bornerai à rappeler que l'arbre de la vache fournit par incision un lait comestible, dont on peut extraire jusqu'à 33 pour 100 d'une cire semblable à la cire d'abeilles et dont on fait d'excellentes bougies. Cette substance a cependant un point de fusion inférieur : ainsi la cire blanche d'abeilles fond à 68°,7. La cire de l'arbre de la vache fond à 50°, à très peu près le degré de fusion de la graisse de mouton (51°).

On a trouvé pour la composition de la cire de l'arbre de la vache :

Carbone	79,28
Hydrogène	11,70
Oxygène	9,02
	100,00

SUR LA FERMENTATION ET LA CONSERVATION

DES

FOURRAGES VERTS EN SILO,

Par M. G. LECHARTIER.

L'ensilage des fourrages verts a pris une place considérable en Agriculture. C'est ainsi qu'il est appliqué, dans un grand nombre d'exploitations, à la conservation du maïs destiné à remplacer en partie, pendant l'hiver, la betterave et les autres racines fourragères.

La question de l'ensilage a été résolue pratiquement par les efforts continus d'agriculteurs distingués, parmi lesquels on doit citer les noms de MM. Lecouteux, Goffart, Moreul, de M. le Dr baron Corvisart; mais il restait à donner la théorie de la conservation des fourrages verts en silo et à relier les résultats acquis par l'expérience aux principes scientifiques; il n'était pas inutile d'éclairer la pratique en rendant un compte exact de ce qui se passe dans une masse de fourrage en fermentation.

De plus, il était intéressant de rechercher quelles transformations subissent les matières nutritives contenues dans les végétaux. Y a-t-il perte de substances alimentaires? En quoi consiste-t-elle exactement dans les meilleures conditions de conservation?

J'ai pensé que la théorie de l'ensilage des fourrages verts était en relation immédiate avec les faits que j'ai publiés, en commun avec M. Bellamy, sur la fermentation que subissent, à l'abri de l'air, les fruits verts ou mûrs,

les parties vertes des végétaux et toutes les graines qui n'ont pas été suffisamment desséchées.

Ces faits sont les suivants :

1° Toutes les parties vertes d'un végétal, enfermées en vase clos, absorbent la totalité de l'oxygène de l'atmosphère confinée où elles sont conservées ; cette absorption est accompagnée et suivie d'une production considérable d'acide carbonique. La vitesse du dégagement gazeux s'accroît d'abord, pour diminuer ensuite jusqu'à devenir nulle. Ce travail est dû à l'activité des cellules végétales qui continuent à vivre malgré la privation d'oxygène. Le volume de l'acide carbonique dégagé est toujours limité lorsque des ferments étrangers n'interviennent pas ; il est en général inférieur à 14^{cc} de gaz pour chaque gramme de feuilles ou de fruits, considérés dans leur état normal d'humidité.

Les fruits jeunes, de même que les feuilles, absorbent rapidement l'oxygène de l'air qui les entoure ; le dégagement d'acide carbonique s'effectue en un temps relativement court, et sa vitesse atteint immédiatement une valeur maximum pour décroître ensuite rapidement. Ces cellules végétales jeunes se caractérisent à la fois par un pouvoir d'absorption pour l'oxygène très élevé et par une puissance de décomposition très grande. A mesure que le fruit vieillit et a été conservé à l'air pendant un temps plus long, après avoir été détaché de l'arbre, le volume de l'acide carbonique produit diminue.

Le fruit qui a perdu son activité en vase clos ne la reprend plus, même après avoir été mis de nouveau au contact de l'air.

Le germe contenu dans la graine participe à cette altération ; la graine perd la faculté de germer.

2° De l'alcool prend naissance à l'intérieur du fruit; les quantités d'alcool varient dans le même sens que le poids de l'acide carbonique, tout en restant, en général, plus

petites. Une destruction de sucre accompagne ce phénomène; de l'acide acétique prend naissance, même en l'absence de l'oxygène de l'air.

3° Pendant ce travail interne, les pommes et les fruits acquièrent souvent une grande mollesse et prennent la consistance de fruits blets. Lorsque le tissu cellulaire n'est pas désagrégé, il se ramollit. La couleur des fruits n'est pas altérée; mais, dès qu'ils sont placés au contact de l'air, elle s'altère en très peu de temps; les feuilles deviennent brunes.

4° Les cellules végétales exhalent continuellement de la vapeur d'eau et, au bout d'un temps plus ou moins long, la surface des fruits et des feuilles se recouvre de gouttelettes liquides, même dans une atmosphère confinée saturée de vapeur d'eau.

5° Le poids de la matière sèche contenue dans le fruit diminue à mesure que le dégagement d'acide carbonique se poursuit.

Je devais naturellement rapprocher ces divers phénomènes du fait acquis de la conservation des fourrages dans les silos. Seulement, il me fallait démontrer, d'une part, que, dans un silo, où la fermeture ne saurait être complète, l'oxygène de l'air ne pénètre pas dans l'intérieur de la masse de fourrage, et, d'autre part, que la matière végétale, enfermée rigoureusement à l'abri de l'air dans un flacon de verre, subit les mêmes transformations que dans le silo.

J'ai préparé plusieurs lots de maïs haché, en morceaux analogues à ceux que l'on découpe dans la pratique de l'ensilage. On a fait entrer, dans chacun d'eux, des poids proportionnels des feuilles et des diverses parties des tiges, laissant de côté les panicules et les fruits. On a formé un mélange de fragments n'ayant entre eux que des différences de composition relativement faibles, afin d'obtenir des lots distincts, exactement semblables, sur lesquels il fût ensuite

possible, après dessiccation et pulvérisation, de prélever pour l'analyse des échantillons identiques.

Ce maïs haché était ainsi préparé le 9 novembre 1878. Une portion, du poids de 1517gr, était soumise à la dessiccation pour être ensuite analysée.

Une autre partie servait à remplir deux flacons à large goulot. Dans l'un, le n° 1, on introduisait 504gr de maïs, et dans le second, le n° 2, 439gr seulement. L'ouverture des flacons était fermée à l'aide d'un bouchon traversé par un tube recourbé s'ouvrant sous le mercure. Le bouchon était recouvert d'une couche de 0m,02 de mastic fondu que l'on a fait adhérer exactement aux parois du verre, de manière à produire une fermeture hermétique. De cette manière, on interceptait toute communication avec l'air extérieur; en même temps on pouvait recueillir le gaz produit et le mesurer.

Le même jour, on remplissait avec 4443gr de maïs une cloche en verre ayant une hauteur de 0m,35. Le maïs a été tassé avec soin sur toute la hauteur, comme on peut le faire dans un silo, et la cloche fut maintenue verticalement sur un support, l'ouverture dirigée vers le haut. Pendant cette opération, on avait disposé le long des parois de la cloche un tube de plomb de petit diamètre, dont l'extrémité légèrement recourbée fut placée à 0m,25 de la surface, sur l'axe du cylindre. Le maïs a été recouvert d'un disque en bois, qui laissait entre son bord et le pourtour de la cloche un espace annulaire par lequel il restait en communication avec l'air extérieur. Le disque a été chargé de poids, comme on le fait d'ordinaire dans les silos en maçonnerie.

A la sortie de la cloche, le tube de plomb a été mastiqué à un robinet en verre, et celui-ci a été réuni de la même manière, par un tube de plomb, à la trompe de Sprengel.

Le 15 novembre, on ferme le robinet en verre et on fait le vide dans la machine et dans les tubes de communication.

L'appareil est abandonné à lui-même jusqu'au 20 novembre. Le vide s'est maintenu complètement. A cette date, le maïs s'est affaissé de $0^{m},02$ environ. On ouvre alors le robinet, de manière à aspirer lentement les gaz contenus dans le tube de la cloche, et ceux qui composent l'atmosphère du maïs au voisinage de son extrémité. On laisse la colonne du manomètre descendre de $0^{m},76$ à $0^{m},55$. On ferme le robinet; on extrait le gaz qui remplit la trompe, et on le recueille : on mesure 18^{cc} de gaz qui sont analysés à l'aide de la potasse et de l'acide pyrogallique.

Le gaz contenait :

Acide carbonique....	28,4
Azote	71,6
	100,0

La proportion d'oxygène était nulle. La solution du pyrogallate n'a pas changé de teinte, même après agitation, et sur les parois internes du tube on n'a pu observer aucune coloration.

Une seconde fois, on a ouvert le robinet, pour laisser descendre la colonne manométrique à $0^{m},49$ et, après l'avoir refermé, on a extrait 25^{cc} de gaz ne contenant pas d'oxygène; il a donné à l'analyse le résultat suivant :

Acide carbonique.....	29,0
Azote..............	71,0
	100,0

On avait pu faire sortir de la cloche 43^{cc} de gaz sans obtenir d'oxygène; ce gaz n'existait donc plus dans l'atmosphère de la cloche à une profondeur de $0^{m},25$ au-dessous de la surface, ni dans les couches voisines.

L'appareil fut abandonné à lui-même pendant quarante-huit heures; puis, par une manœuvre identique à la précédente, on en a extrait, en quatre opérations successives,

164^{cc} de gaz, dans lesquels on n'a pas trouvé d'oxygène; la proportion de l'acide carbonique s'est maintenue entre 26 et 29 pour 100.

Le 24 novembre, on a aspiré, en quatre fois, 188^{cc} de gaz, ne contenant que de l'azote et de l'acide carbonique. La proportion d'acide carbonique, d'abord égale à 26,5 pour 100, est descendue à 24,6 et 24,1 pour 100. Dans la dernière portion de gaz recueillie on a reconnu l'existence d'une trace d'oxygène à un changement dans la couleur du pyrogallate de potasse. Aussi n'ai-je pas été surpris de trouver de l'oxygène dans les gaz provenant d'une cinquième opération.

Acide carbonique.....	23,4
Azote..............	74,8
Oxygène............	1,8
	100,0

Il a fallu extraire 188^{cc} de gaz d'une masse de 4^{kg},5 de maïs en communication avec l'air extérieur, avant d'amener de l'oxygène à 0^{m},25 au-dessous de sa surface.

L'appareil a été abandonné à lui-même jusqu'au 24 février suivant. Le robinet étant fermé, on a maintenu le vide pendant trente-six heures dans la trompe et dans les tubes de communication; puis on a ouvert le robinet de manière à faire sortir de la masse du maïs 25^{cc} de gaz. L'analyse a fourni le résultat suivant :

Acide carbonique.....	11,6
Azote..............	75,6
Oxygène............	12,8
	100,0

En comparant ce mélange aux échantillons de gaz précédemment recueillis, on voit que l'acide carbonique a diminué notablement et a été remplacé par l'oxygène.

Le 26 et le 28 février, des expériences analogues ont

donné des résultats identiques. La composition des gaz recueillis et analysés est restée comprise entre des limites assez rapprochées :

	Pour 100.		
Acide carbonique.	7,2	à	10,1
Oxygène................	14,3	à	12,0
Azote	80,0	à	76,5

On peut conclure de ces résultats que, pendant un certain nombre de jours, le maïs se trouvait dans les mêmes conditions que s'il avait été enfermé dans un vase complètement clos et dans une atmosphère de gaz inerte. Ce fait était dû à la rapidité avec laquelle ce fourrage haché absorbait l'oxygène de l'air et à son activité à produire de l'acide carbonique.

Au bout d'un intervallle de temps inférieur à trois mois, la matière végétale pouvait être considérée comme une masse inerte n'ayant plus la faculté de faire disparaître l'oxygène et de produire une quantité d'acide carbonique suffisante pour maintenir sa masse à l'abri de l'oxygène et la préserver de l'envahissement des moisissures.

Le 10 mars, on mettait un terme à l'expérience; la hauteur occupée par le maïs avait diminué de $0^{m},08$ à $0^{m},09$. La matière fermentée pesait 3967^{gr} avec une perte de 475^{gr}, soit de 10,69 pour 100 du poids primitif. Ce maïs dont la masse avait été pénétrée par l'oxygène de l'air était envahi en divers points par les moisissures. Ce fait se produit dans les silos où l'air peut s'introduire.

Comparons les faits que nous venons d'exposer avec ce qui s'est passé dans les flacons hermétiquement clos n° 1 et n° 2.

En vingt-quatre heures, l'oxygène de l'air qu'ils pouvaient contenir a disparu et de l'acide carbonique s'est dégagé. Voici les quantités de gaz sorties des flacons à travers le mercure par heure et par kilogramme de matière végétale :

	Flacon n° 1.	Flacon n° 2.
	cc	cc
11 novembre.........	24,2	23,7
12 »	38,5	36,9
22 »	14,3	14,0
24 »	5,3	5,4
25 »	5,4	5,4
6 décembre.........	5,1	5,4
28 »	2,7	2,7
21 février au 11 mars..	0,29	0,23

A partir de cette date, le mercure est resté soulevé dans les tubes de dégagement; quelques bulles de gaz sont sorties des appareils, mais ce fait était la conséquence des variations de température et de pression de l'air.

Le dégagement s'est effectué de la même manière dans les deux flacons. Les quantités de gaz produites étaient proportionnelles aux poids de la matière végétale en fermentation. Le ralentissement s'est opéré graduellement, avec la même régularité de part et d'autre. On retrouve ici ce fait général, que des poids égaux de cellules végétales identiques donnent naissance à des volumes égaux d'acide carbonique; et par cellules végétales identiques il faut entendre des parties identiques d'un même végétal arrivées au même degré de développement ou de maturité.

A partir du mois de février, le volume du gaz dégagé reste minime; il vient même un moment où les cellules du végétal haché sont devenues complètement inactives.

La concordance des faits constatés dans les deux séries d'expériences ne saurait échapper à aucun observateur.

Pendant que du gaz acide carbonique se dégageait régulièrement des flacons 1 et 2, il n'y avait pas trace d'oxygène dans la masse du maïs de la cloche, à $0^{m},25$ au-dessous de sa surface. Mais aux époques postérieures, alors que les cellules végétales avaient perdu la majeure partie de leur

activité, toutes les fois qu'on aspirait du gaz de l'intérieur de la cloche et qu'on produisait un appel d'air dans le fourrage, l'oxygène introduit n'était plus absorbé qu'avec une très grande lenteur par la matière organique devenue inerte.

La conservation du maïs et des fourrages verts en silo est donc la conséquence immédiate du travail intérieur dont les cellules végétales sont le siège, même lorsqu'elles font partie de fragments séparés de la plante. Leur activité se manifeste par ces deux faits : absorption de l'oxygène et production continue d'acide carbonique après disparition complète de ce dernier gaz. Nous savons aussi que des transformations se produisent dans la matière constitutive des cellules et dans les principes immédiats qu'elles contiennent. Il nous reste à montrer comment ces lois expliquent les faits constatés par la pratique dans la conservation du maïs et peuvent même y apporter leur contingent de conséquences utiles.

Quant aux faits élucidés par l'expérience des agriculteurs, nous les puiserons dans l'excellent *Manuel de la culture et de l'ensilage du maïs,* où M. Goffart, propriétaire agriculteur, a décrit avec conviction les résultats concluants qu'il a obtenus au château de Burtin, à la suite d'une série continue d'essais accomplis en grand pendant plusieurs années. Déjà les travaux de M. Goffart ont été l'objet d'un savant Rapport de M. Bella à la Société centrale d'Agriculture de France. Ce Rapport contient en outre l'ensemble des études analytiques effectuées par M. Barral sur le maïs ensilé de Burtin. La notice du Dr baron Corvisart sur la conservation du maïs fourrage, les Journaux d'Agriculture rédigés par MM. Lecouteux et Barral contiennent aussi de précieux renseignements pratiques.

Considérons un silo en maçonnerie, établi suivant la méthode à laquelle s'est arrêté M. Goffart. Le maïs a été haché ; la surface du tas, rendue horizontale, a été recouverte

de planches chargées de matières lourdes. Comment expliquer la conservation pour ainsi dire indéfinie de ce fourrage, qui subira nécessairement des transformations qu'il serait impossible d'éviter, parce qu'elles sont la conséquence même de la continuation de la vie dans les cellules végétales.

Nous devons considérer deux périodes bien distinctes : 1° celle pendant laquelle la substance végétale a conservé son activité; 2° celle qui commence au moment où les cellules sont devenues à peu près inertes.

Première période. — Quelques heures après que le silo a été fermé, tout l'oxygène de l'air emprisonné dans la masse du fourrage a disparu, et de l'acide carbonique en se dégageant maintient un excès de pression de l'intérieur vers l'extérieur. A la surface même du tas, entre les intervalles des planches et dans la couche en contact avec les parois latérales du silo, il doit continuer à se faire un échange entre l'air extérieur et l'atmosphère interne. De l'acide carbonique se dégage, de l'air pénètre à l'intérieur apportant de l'oxygène; mais une couche de fourrage de faible épaisseur suffit pour faire disparaître ce dernier gaz.

Les variations de la température extérieure ne se font pas sentir dans la masse du maïs qui possède une température distincte, supérieure à celle de l'air ambiant. Son échauffement est produit par les transformations dont les cellules sont le siège; il en est même la mesure. Peu à peu la température intérieure s'abaisse à mesure que la fermentation cellulaire perd de son intensité. Mais la production d'acide carbonique reste toujours suffisante pour compenser la diminution de volume provenant du refroidissement.

Les variations dans la pression de l'air extérieur ne sont pas à redouter. Toute diminution de pression est accompagnée d'un fort dégagement d'acide carbonique provenant, non seulement des gaz interposés entre les parcelles du

fourrage, mais aussi du gaz dissous dans les liquides de la matière végétale et dont le poids s'élève aux $\frac{4}{5}$ de la masse totale. Une augmentation de pression aura ensuite pour effet de faire naître un arrêt dans la sortie du gaz et d'amener une pénétration des couches extérieures par l'oxygène de l'air; mais cet oxygène absorbé rapidement ne subsiste pas assez longtemps pour permettre aux moisissures de se développer en proportion appréciable. L'arrêt dans le dégagement de l'acide carbonique cesse dès que la quantité de gaz produit par la fermentation qui continue sans interruption aura comblé les pertes effectuées par le silo sous l'influence d'une diminution brusque de pression.

Pour se convaincre qu'il doit en être ainsi, il suffit de remarquer que dans les flacons 3 et 2 le dégagement de gaz s'effectue régulièrement chaque jour, sans arrêt prolongé.

Pendant cet intervalle de temps, que nous avons appelé *période de bonne conservation,* le fourrage vert se trouve, sauf une bande étroite, dans les mêmes conditions que s'il était enfermé dans un vase imperméable à l'oxygène de l'air. Son aspect et sa couleur sont les mêmes dans le silo et dans les flacons de verre; les mêmes modifications s'opèrent dans la matière végétale. Cette période est plus ou moins longue suivant la nature du fourrage, l'état dans lequel il a été ensilé, son degré plus ou moins avancé de végétation.

On peut recueillir des renseignements utiles sur la durée de cette période, en étudiant la marche du dégagement gazeux que produirait ce même fourrage enfermé dans un flacon à l'abri de l'air.

C'est pendant cette première période que s'opèrent toutes les réactions intimes qui changent le fourrage frais en fourrage fermenté; elles cessent en même temps que le dégagement gazeux. A partir du moment où se termine

cette période, la matière végétale devient inerte et les divers principes immédiats qu'elle contient ne subissent plus que des modifications insensibles, si elle ne devient pas le siège de fermentations étrangères.

Deuxième période. — Ces transformations qui ont accompagné le dégagement de l'acide carbonique ont eu pour effet de modifier l'état physique du fourrage de manière à lui permettre de se conserver encore en silo lorsque les cellules végétales ne possèdent plus le pouvoir d'absorber rapidement l'oxygène.

Le tissu même des cellules s'altère : ou il se désagrège complètement, ou il subit un ramollissement notable. Ce fait est la cause de l'affaissement qu'on observe dans tous les ensilages de maïs.

« Au moment où le maïs vert vient d'être haché, dit M. Goffart, il est tout vif encore et doué d'une élasticité telle qu'il réagit fortement contre la pression momentanée que vous lui avez fait subir; il remonte sous le pied à peine relevé de l'ouvrier.

» Il n'en est plus de même quelques jours ou quelques semaines après; le maïs ne tarde pas à subir un ramollissement qui en diminue successivement l'élasticité. »

Aussi est-il nécessaire que la couverture que l'on donne à la masse du fourrage ensilé la suive dans son mouvement d'affaissement, afin de ne laisser subsister aucun vide à son intérieur. Dans le cas d'une couverture en terre, telle qu'on l'emploie dans les silos creusés dans le sol, il faut s'assurer qu'elle suit le maïs à mesure qu'il descend, et réparer sa surface toutes les fois qu'elle se fendille.

Le mode de fermeture adopté par M. Goffart est excellent. Des planches juxtaposées, mobiles les unes par rapport aux autres et chargées d'un poids qui a été évalué à 500^{kg} par mètre carré, constituent un couvercle mobile

qui accompagne la matière sous-jacente dans son mouvement de descente et qui maintient en contact toutes les parties.

Pour comprendre toute l'importance de cette recommandation, il faut remarquer que l'affaissement peut s'élever aux $\frac{37}{100}$ du volume total. M. Bella a constaté chez M. Goffart que la hauteur d'un tas, primitivement égale à $2^m,60$, se trouvait réduite à $1^m,60$. Sans une compression suffisante et régulière, des vides se produisent dans la masse du fourrage, de l'oxygène y pénètre dès que le dégagement du gaz acide carbonique se ralentit, et les moisissures s'y propagent.

De plus, tous les fragments de matière végétale, qu'ils proviennent de feuilles, de fruits ou de tiges, se recouvrent d'humidité dans les silos, quel que soit leur mode de construction. Ce fait, qui a une grande utilité pratique, n'est pas dû à la compression; il se produirait même dans le cas où celle-ci serait nulle.

Il a pour cause l'exsudation qui se produit naturellement à la surface des cellules végétales, soit que les liquides qu'elles contiennent s'en échappent en même temps que les parois se désagrègent, soit que l'eau en sorte par voie de volatilisation pour se condenser à l'extérieur.

En résumé, sous l'influence d'un tassement convenable, les divers morceaux de fourrage se rapprochent, les intervalles qui les séparent deviennent très petits et se remplissent de liquide saturé d'acide carbonique sans interposition de matière gazeuse. Après cette première période de conservation qui a été décrite précédemment, il ne doit plus y avoir dans le silo qu'une masse compacte qui en occupe toute la capacité, dans laquelle il n'existe aucun vide et qui oppose à la pénétration de l'air extérieur la même difficulté que pourrait le faire une matière homogène, semi-fluide, de même forme et de même dimension. Ces diverses conditions sont indispensables à la conserva-

tion du maïs, à partir du moment où les cellules végétales deviennent inactives.

ÉTUDE DE DIVERSES PARTICULARITÉS DE L'ENSILAGE.

Le maïs haché doit se conserver plus facilement que les tiges que l'on garde entières. Il est difficile de les ranger de manière à faire disparaître par le tassement, même après fermentation, tout interstice pouvant servir à l'introduction de l'air dans la masse du fourrage.

Quand on hache le maïs, on ne doit pas, pour les mêmes motifs, donner aux morceaux une trop grande longueur.

Le plus souvent, le maïs ensilé se recouvre de moisissures sur une légère épaisseur, aux points où il est en contact avec l'air, c'est-à-dire à la surface supérieure et au voisinage des parois verticales du silo, le long desquelles l'oxygène peut pénétrer. Cette couche altérée a une épaisseur de $0^{m},02$ à $0^{m},04$ dans les silos de M. Goffart; on la trouve après deux mois d'ensilage, précisément à partir de l'époque où le dégagement d'acide carbonique se ralentit. Ce fait est d'accord avec l'explication que je viens de donner.

Je partage entièrement l'avis de M. Goffart au sujet de l'influence que peut exercer sur la conservation du maïs son mélange avec de la paille.

« Je ne tardai pas à reconnaître, écrit M. Goffart, que le mélange de paille et de maïs se conservait d'autant moins de temps que la proportion de paille était plus considérable. Un cinquième en volume, soit un dixième en poids, c'était le maximum de ce que le maïs pouvait en supporter sans être exposé à une prompte altération. »

Lorsqu'on mélange de la paille au maïs, il est nécessaire qu'elle soit en quantité telle, qu'elle puisse être mouillée complètement par les liquides que le maïs laisse échapper

pendant sa fermentation. D'autre part, il est utile qu'elle soit assez ramollie pour se comporter comme le fourrage lui-même. Si chaque morceau de paille constitue un tube rempli de gaz, et que ces tubes se juxtaposent formant un réseau continu dans le silo, le fourrage ensilé se conserve à l'état de masse poreuse, à l'intérieur de laquelle l'air pénètre et les moisissures se développent.

Quand on suit avec attention ces divers phénomènes, on reste convaincu qu'il est impossible d'empêcher ces transformations, qui caractérisent la fermentation cellulaire des végétaux. On doit même ajouter que cette fermentation est utilisée pour la conservation des fourrages en silo. Tout le talent de l'agriculteur consiste à éviter ces fermentations parasites qui peuvent prendre naissance par le développement de ferments étrangers et qui conduiraient à une altération plus profonde de la substance végétale. On doit redouter les fermentations lactique, acétique et butyrique. Cette dernière surtout donne au fourrage une odeur spéciale qui imprègne les étables et tous les bâtiments de ferme ; lorsqu'elle n'est pas très développée, elle n'empêche pas le bétail de consommer les aliments qu'on lui présente ; mais la diffusion du ferment butyrique ne saurait être sans inconvénient dans une ferme où l'on produit du lait, soit qu'on le vende en nature, soit qu'on le transforme en beurre ou en fromage.

Je devais insister sur cette distinction entre ces diverses fermentations, afin de ne point paraître en contradiction avec M. Goffart, qui insiste sur le principe suivant dans tous ses écrits :

« Le but à atteindre, c'est d'empêcher toute espèce de fermentation avant comme après l'ensilage, car le moyen d'éviter les mauvaises fermentations, c'est de n'en laisser produire d'aucune sorte. »

FERMENTATION DU TRÈFLE.

Le trèfle a été soumis aux mêmes essais que le maïs.

Le 20 juillet 1879, deux flacons étaient remplis de trèfle haché et disposés comme les flacons 1 et 2, pour qu'on puisse recueillir le gaz produit.

Le même jour, on faisait dessécher 1260gr du même trèfle, pour le soumettre à l'analyse.

L'un des flacons contenait 360gr,4 de trèfle; dans le second, on en avait introduit un poids de 222gr,8. Les gaz dégagés ont été mesurés ; leur volume total, ramené à la température de 0° et à la pression de 0m,760, a été respectivement égal à 2333cc,7 et 1841cc,6. Les poids correspondants sont 4gr,571 et 3gr,609. Pour le poids total du fourrage 583gr,2, la perte due à l'acide carbonique est 8gr,28, soit 1,44 pour 100.

Le 13 octobre, le dégagement gazeux était devenu presque nul, et on mettait fin à l'expérience.

Le trèfle fermenté extrait des flacons a été soumis à la dessiccation. Ces derniers essais n'avaient pas été institués dans le but unique d'obtenir une nouvelle vérification de faits bien souvent vérifiés ; on se proposait surtout de préparer deux échantillons exactement comparables, permettant de mettre en évidence les changements de composition survenus dans la substance végétale.

FABRICATION DU FOIN BRUN.

On peut rattacher encore aux phénomènes de fermentation cellulaire la fabrication du foin brun. Le procédé en usage consiste à dresser des meules de fourrage vert que l'on ouvre ensuite pour produire une dessiccation rapide. Nul doute qu'au centre des meules le fourrage ne se trouve dans les mêmes conditions qn'en silo. Les couches extérieures suffisent pour absorber l'oxygène de l'air qui tendrait à pénétrer à l'intérieur. La température s'élève au

centre de la masse; la chaleur dégagée est la conséquence des réactions chimiques qui prennent naissance dans les cellules mêmes et qui équivalent à une véritable combustion. Cet échauffement est accompagné d'une volatilisation de l'eau de végétation.

Lorsque la meule est ouverte, l'herbe se dessèche rapidement, parce que l'eau à évaporer recouvre extérieurement les feuilles et les tiges et n'est plus emprisonnée dans les cellules, comme cela a lieu dans le fanage ordinaire.

Donc, dans la production du foin brun, deux opérations distinctes se succèdent : l'une qui consiste à mettre le fourrage vert en meule et qui a pour effet de faire sortir l'eau de végétation de l'intérieur des cellules et des vaisseaux, la seconde qui a pour but de faire évaporer cette eau. La première de ces opérations entraîne nécessairement une partie des transformations qui se produisent dans la conservation du maïs en silo. C'est à ce motif que l'on doit rapporter la couleur brune du foin brun, son odeur spéciale et la différence de sa composition avec le foin ordinaire.

MODIFICATIONS DE COMPOSITION SUBIES PAR UN FOURRAGE VERT CONSERVÉ EN SILO.

On prendra, comme point de départ, le fourrage conservé dans de bonnes conditions, à l'abri des fermentations étrangères. Le type de ce fourrage est celui qui a été fermenté en flacon, sans avoir de contact avec l'oxygène de l'air. C'est dans ces conditions seulement qu'on peut obtenir des résultats suffisamment constants. Une fois la fermentation cellulaire terminée, le fourrage reste inerte, et la durée de la conservation n'a plus d'influence : son poids ne varie plus, et il ne peut se produire dans sa masse que les modifications qui résulteraient de l'action chimique directe des diverses substances en contact les unes avec les autres.

1° On observe une perte dans le poids brut de la matière ensilée. Cette perte nécessaire est due : 1° au poids de l'acide carbonique qui se dégage; 2° à celui de la vapeur d'eau dont on ne saurait empêcher complètement le départ.

On ne peut pas mesurer *a priori* la perte due à l'évaporation : elle dépend des conditions d'aménagement du silo et de la température à son intérieur. Elle ne fait perdre aucune substance alimentaire.

Quant à la perte en acide carbonique, on peut l'évaluer approximativement. Dans les flacons 1 et 2 le poids du maïs était :

Le 9 novembre...........	943^{gr}
Le 17 mars suivant......	922,4
Perte.......	20,6

soit 2,18 pour 100 du poids primitif; ce poids représente environ 10^{lit} de gaz acide carbonique par kilogramme de matière ensilée.

Pour le trèfle, le poids de l'acide carbonique a été exactement $8^{gr},280$ pour 583^{gr} de fourrage, soit $14^{gr},20$ par kilogramme de fourrage, ce qui représente un volume supérieur à 7^{lit}.

Lorsque la matière végétale est le siège de fermentations accessoires, lorsque des moisissures s'y développent, la perte est plus considérable. Dans la cloche où nous avons fait pénétrer de l'air à plusieurs reprises, par voie d'aspiration, la perte supportée par le maïs s'est élevée à 10,69 pour 100 du poids initial.

2° La conservation d'un fourrage en silo est toujours accompagnée d'une production d'alcool. Le maïs des flacons 1 et 2 en contenait 1,372 pour 100 de son poids.

Voici la marche suivie pour la recherche et la séparation de l'alcool : $232^{gr},4$ de fourrage sont soumis à l'ébullition dans une cornue en verre avec 1^{lit} d'eau distillée; on condense les vapeurs dans un serpentin en verre entouré d'eau

froide et on recueille au moins le tiers du liquide employé. La liqueur condensée est soumise à de nouvelles rectifications, de manière à réduire son volume à quelques centimètres cubes. Le produit de ces rectifications est introduit dans une éprouvette graduée, et on y ajoute une quantité de carbonate de potasse supérieure à celle qui est nécessaire pour saturer un volume égal d'eau; l'alcool se sépare et vient surnager la solution saturée de carbonate de potasse. On mesure l'alcool et on calcule son poids.

Dans le cas actuel, le volume de l'alcool séparé a été trouvé égal à 4^{cc}, soit $17^{cc},2$ par kilogramme, et en poids $13^{gr},72$.

Un maïs provenant d'un silo de M. Galery, agriculteur à Thorigné, près Rennes, contenait $6^{cc},4$ d'alcool par kilogramme; le maïs avait été extrait des silos le 16 novembre; la fermentation n'avait donc pas duré plus d'un mois.

Un échantillon de maïs fermenté, qui nous avait été envoyé par M. Champion, propriétaire agriculteur à Feins (Ille-et-Vilaine), n'a fourni que $3^{cc},57$ par kilogramme. Il avait été retiré le 13 février 1879 d'un silo entamé le 15 décembre précédent et qui avait été terminé le 23 octobre.

M. Barral a constaté que du maïs provenant d'un des silos de M. Goffart contenait $1^{cc},2$ d'alcool par kilogramme.

3° Les fourrages fermentés contiennent de l'acide acétique d'une manière normale. On le retrouve dans les liquides de distillation où l'on recherche l'alcool. Ceux que l'on avait obtenus avec le maïs des flacons n° 1 et n° 2, où la fermentation s'était effectuée intégralement à l'abri de l'air, avaient une réaction nettement acide; cette acidité était due seulement à la présence de l'acide acétique. La proportion s'élevait à un demi-millième du poids de la matière végétale. M. Duclaux a montré que cet acide se produit dans toutes les fermentations alcooliques; c'est un

point de ressemblance entre les transformations produites par les globules de levure et celles que font naître les cellules végétales privées d'oxygène.

M. Barral a également reconnu la présence de l'acide acétique dans les silos de M. Goffart. Dans trois d'entre eux, l'acidité évaluée en acide sulfurique s'est élevée, par kilogramme de fourrage, aux nombres $0^{gr},99$; $5^{gr},44$ et $7^{gr},92$.

Dans les échantillons de maïs de M. Galery et de M. Champion, la proportion d'acide a été, par kilogramme, $7^{gr},47$ et $4^{gr},65$.

Ces quantités sont supérieures à celles qui résultent d'une fermentation cellulaire pure ; même souvent l'acide butyrique se trouve mélangé à l'acide acétique. C'est le résultat d'une fermentation étrangère.

Il importe actuellement de rechercher sur quels principes immédiats porte spécialement la perte constatée dans le poids du fourrage pendant la fermentation. Quels sont les matériaux qui fournissent les éléments nécessaires à la formation de l'acide carbonique, de l'alcool et de l'acide acétique?

Pour s'en rendre compte, il faut analyser comparativement le fourrage pris au moment de l'ensilage et le fourrage conservé en silo. C'est ce que j'ai cherché à faire dans les meilleures conditions possibles.

MM. Champion et Galery m'ont envoyé plusieurs tiges de maïs lors de l'ensilage ; leur analyse a servi de terme de comparaison pour le maïs de leurs silos.

Un échantillon de maïs, identique à celui qui a été introduit dans les flacons n° 1 et n° 2, a été analysé.

On a agi de la même manière pour le trèfle, dont la fermentation s'est accomplie en flacon. J'ai déjà indiqué les précautions prises dans la préparation des échantillons pour rendre les résultats réellement comparables. C'est un point sur lequel on ne saurait trop insister.

PRINCIPES IMMÉDIATS dosés.	MAÏS DES TROIS-CROIX			MAÏS DE M. CHAMPION		MAÏS DE M. GALERY		TRÈFLE DES TROIS-CROIX	
	avant fermentation.	fermenté en flacon.	fermenté et envahi par les moisissures.	avant fermentation.	fermenté en silo.	avant fermentation.	fermenté en silo.	avant fermentation.	fermenté en flacon.
	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.	N° 6.	N° 7.	N° 8.	N° 9.
Eau et matières volatiles à 100°.....	79,120	82,377	85,740	80,788	83,470	79,270	83,470	76,420	77,480
Matières azotées...	2,465	2,279	1,945	2,741	1,548	1,958	1,672	4,810	4,311
Ammoniaque......	0,021	0,024	0,012	0,032	0,047	0,023	0,024	0,026	0,085
Glucose...........	2,064	0,146	0,430	2,089	0,264	1,832	0,714	0,474	0,458
Sucre..............	0,983	0,064	0,174	0,816	0,138	1,084	0,310	0,457	0,308
Amidon...........	4,302	3,945	2,374	3,219	3,184	3,089	2,845	4,230	1,477
Matières pectiques.	0,344	0,182	0,119	0,495	0,204	0,410	0,073	1,303	0,509
Cellulose..........	6,337	6,064	4,959	5,033	4,459	4,644	4,547	8,015	7,296
Matières grasses....	0,099	0,153	0,063	0,121	0,210	0,110	0,255	0,241	0,377

Les procédés de dosage employés sont connus de tous les expérimentateurs. Ils ont été appliqués dans les mêmes conditions aux divers échantillons.

Nous donnerons d'abord la composition en centièmes qui se rapporte à la matière prise dans l'état même où elle se trouvait, soit au moment de l'ensilage ou de la mise en flacon, soit à la sortie des silos ou des appareils. Nous rappellerons que les résultats que nous donnons ne représentent pas la composition moyenne des maïs ensilés en général, mais celle d'échantillons préparés d'une manière spéciale, principalement en ce qui concerne le maïs des Trois-Croix.

De la comparaison des nombres inscrits au Tableau précédent, on peut tirer quelques conséquences utiles :

1° La proportion des matières volatiles est plus forte dans le maïs fermenté, par conséquent le poids de la matière sèche, c'est-à-dire des substances réellement utilisables dans l'alimentation, a subi une diminution. Ce fait ne doit pas étonner, puisque la perte que l'on constate pendant la fermentation porte sur les principes immédiats qui existaient primitivement dans le fourrage; l'eau ne s'évapore qu'en quantité relativement faible; de l'alcool prend naissance : circonstances qui tendent toutes à augmenter la proportion de l'eau et celle des matières volatiles.

2° Une légère diminution s'observe dans la teneur des fourrages en matières azotées. Elle reste faible dans les conditions normales. Cependant elle paraît notable pour les échantillons n° 3 et n° 5. Mais on doit remarquer que le n° 3 a été envahi par les moisissures. Quant au n° 5, nous avons appris qu'il s'était produit, pendant sa conservation en silo, un fait déjà signalé par M. Goffart et qui est dû à un excès de pression des matériaux dont on se sert pour couvrir le maïs. Une certaine quantité de liquides était sortie de la masse du fourrage et s'était écoulée au dehors du silo. On reconnaît par là que l'on n'a pas intérêt

à exagérer une pression qui peut faire perdre une partie des matières azotées existant dans le maïs.

Une légère augmentation dans la proportion de l'ammoniaque révèle un commencement d'altération des principes albuminoïdes.

L'ammoniaque extraite des fourrages fermentés possède l'odeur des ammoniaques composées.

3° La déperdition la plus considérable porte sur ces principes immédiats qu'on est convenu de désigner sous le terme général de *glucosides*. On l'observe d'une manière constante sur les substances pectiques, puis sur la glucose et le sucre, l'amidon et la cellulose. Suivant les cas, la principale perte porte tantôt sur le groupe glucose et sucre, tantôt sur le groupe amidon et cellulose.

Pour comparer ces diverses pertes aux poids de l'alcool et du gaz acide carbonique, il est nécessaire : 1° de connaître exactement le poids de la matière fermentée avant et après fermentation ; 2° la quantité de matières volatiles contenues dans le fourrage au moment de l'ensilage et à la sortie du silo.

Lorsque ces deux données manquent, on ne se trouve plus en présence de résultats exactement comparables. Il suffit en effet de prendre les échantillons de maïs n° 1 et n° 2, alors qu'ils contiennent la même quantité d'eau et qu'ils ont été partiellement desséchés pour être analysés, et de mettre en présence leur composition.

	Maïs	
	non fermenté.	fermenté.
Eau	7,60	7,60
Matières azotées	10,91	11,95
Ammoniaque	0,091	0,128
Glucose	9,132	0,768
Sucre	4,351	0,337
Amidon	19,034	20,679
Cellulose	28,040	31,793
Matières grasses	0,440	0,800

Dans ces conditions, le maïs fermenté paraît plus riche en matières azotées, en amidon et en cellulose que le maïs frais, alors que réellement il y a eu perte en ces divers principes comme pour le sucre et le glucose. On s'explique facilement ce fait en remarquant que le poids de la matière sèche contenue dans le fourrage, à l'état naturel, varie entre 15 et 20 pour 100, et que les échantillons analysés sont presque secs. Lorsqu'on calcule la composition du fourrage à l'état naturel, une différence de 1 pour 100 seulement dans le taux de l'humidité ou dans le poids de matière sèche contenue dans les 100^{kg} produit une erreur relative de 6 à 7 pour 100 sur chacun des nombres calculés.

Dans les ensilages en grand, il est presque impossible de déterminer la perte de matières survenue pendant la fermentation. On les trouve dans de meilleures conditions lorsque la fermentation se produit à l'abri de l'air, dans les flacons semblables à ceux que nous avons employés pour le maïs et le trèfle. Dans ce dernier cas, on évite les transformations irrégulières et on peut calculer la composition du fourrage fermenté en prenant pour point de départ un poids initial. C'est ce que nous avons fait pour les maïs n° 1 et n° 2 et pour le trèfle.

PRINCIPES IMMÉDIATS dosés.	MAÏS			TRÈFLE		
	avant fermentation.	fermenté.	Perte.	avant fermentation.	fermenté.	Perte.
	N° 1.	N° 2.		N° 8.	N° 9.	
Acide carbonique dégagé.		2,18			1,42	
Eau et matières volatiles à 100°	79,120	80,58		76,420	76,380	
Sur lesquelles, alcool. .		1,342				
Matières azotées	2,465	2,232	0,233	4,810	4,249	0,561
Ammoniaque	0,021	0,024		0,026	0,083	
Glucose	2,064	0,143	1,921	0,474	0,452	0,022
Sucre	0,983	0,063	0,920	0,457	0,304	0,153
Amidon	4,302	3,863	0,439	4,230	1,456	2,774
Matières pectiques	0,344	0,178	0,166	1,303	0,501	0,802
Cellulose	6,337	5,939	0,398	8,015	7,191	0,824
Matières grasses	0,099	0,149		0,241	0,372	
Perte totale			4,077			5,136

Pour les échantillons n° 1 et n° 2, sur un poids de fourrage vert de 100^{kg}, ce qui correspond à un poids de 20^{kg},88 de matières sèches utilisables, il se fait une déperdition de 3^{kg}, 844 sur les matières hydrocarbonées, et si l'on tient compte des principes protéiques, elle dépasse 4^{kg}, soit environ $\frac{1}{5}$ de la masse alimentaire totale. Il en est à peu près de même pour le trèfle.

Seulement, comme l'a déjà fait remarquer M. Grandeau, la perte portant principalement sur les principes hydrocarbonés, cette fermentation en silo a pour effet d'élever la valeur du rapport du poids de la protéine à celui des glucosides et du ligneux, et d'augmenter la digestibilité du fourrage. On perd une partie des principes nutritifs les moins précieux, mais le résidu est plus complètement utilisable.

La perte de glucosides (3^{kg},844) est notablement supé-

rieure au double du poids de l'alcool produit ($1^{kg},342$); il n'en serait pas de même dans une fermentation alcoolique ordinaire.

De plus, la perte en sucre et en glucose s'élève seulement à $2^{kg},831$; il est donc certain que l'amidon et la cellulose ont pris part à ces transformations. Ce résultat ressort bien plus nettement encore de la comparaison des analyses de trèfle; on voit en effet les diminutions dans les proportions de sucre et de glucose former ensemble un poids de $0^{gr},175$, qui ne représente que les $\frac{12}{100}$ de celui de l'acide carbonique dégagé.

Ces faits sont conformes à ceux que j'ai observés dans des expériences effectuées sur des fruits, en commun avec M. Bellamy.

Dans ces fermentations cellulaires, l'amidon et la cellulose se transforment en glucose, pour subir ensuite les mêmes modifications que ce dernier principe. Dans de semblables phénomènes, on ne saurait se contenter de comparer aux poids de l'alcool et de l'acide carbonique celui de la matière sucrée disparue. Il peut arriver, en effet, que, dans un fruit vert non parvenu à maturité, la proportion de sucre soit, après fermentation, supérieure à celle que le végétal contenait auparavant.

Des poires Belle-Bruxelles, cueillies le 1er juillet 1874, ont été mises en flacon au nombre de quatre. Elles pesaient ensemble $169^{gr},5$. Après cessation de tout dégagement gazeux, elles ont été pesées le 29 décembre suivant : elles avaient perdu $9^{gr},5$ de leur poids, et on avait recueilli 2274^{cc} de gaz acide carbonique, pesant $4^{gr},322$; elles contenaient $2^{gr},84$ d'alcool. La somme de ces deux derniers poids est seulement $7^{gr},152$.

Des poires identiques aux précédentes avaient été analysées le 1er juillet. La composition des poires à l'entrée et à la sortie des flacons est la suivante :

	1er juillet.	27 décembre.
Eau	82,10	87,37
Glucose	2,58	0,00
Matières pouvant se transformer en glucose par ébullition avec les acides	3,39	2,14
Ligneux	2,85	2,23

Dans le poids de poire soumis à la fermentation, il n'y avait que 4gr,36 de glucose, quantité inférieure à la somme des poids de l'acide carbonique et de l'alcool produits.

Dans ce cas particulier, tout le glucose a été détruit; il en est d'autres où il n'a pas disparu complètement, et où la perte constatée est inférieure aux poids de l'alcool et de l'acide carbonique pris ensemble.

Le 25 juin 1874, 13 petites pommes de locard encore vertes, pesant ensemble 209gr, 5, ont été enfermées dans un flacon muni d'un tube abducteur se rendant sous le mercure. Le 15 juillet suivant, après dégagement de 1827cc de gaz, pesant 3gr, 599, elles ont été retirées du flacon; on y a dosé l'alcool et le sucre, et on est arrivé au résultat suivant :

	Glucose.
	gr
Avant fermentation	8,275
Après fermentation	4,161
Perte de glucose	4,114
Alcool et acide carbonique ensemble	7,177

Pour des groseilles à grappe encore vertes, la proportion des matières sucrées a augmenté pendant la fermentation; d'abord égale à 0,83 pour 100, elle est devenue égale à 1,25 pour 100. Des résultats analogues aux précédents pourraient être cités pour les fruits arrivés à complète maturité.

En résumé, le poids du gaz acide carbonique produit est plus fort que celui de l'alcool ; la perte en matière sucrée est tantôt supérieure, tantôt inférieure à la somme des poids de l'acide carbonique et de l'alcool. Ces différences s'expliquent par les modifications subies par l'amidon, la cellulose et les matières pectiques. En supposant que ces derniers principes immédiats se transforment en glucose et que celui-ci serve à produire seul l'alcool et l'acide carbonique qui prennent naissance, le poids des substances sucrées qui se trouvent ainsi détruites est plus élevé qu'il ne le serait dans une fermentation alcoolique ordinaire.

COMPARAISON DES PROPORTIONS DE MATIÈRES GRASSES CONTENUES DANS UN MÊME FOURRAGE AVANT ET APRÈS FERMENTATION.

Il nous reste à parler des poids de matières grasses contenus dans les fourrages fermentés et dans ceux qui ne le sont pas. Dans tous les échantillons analysés, excepté dans celui où se sont développées des moisissures, on a constaté, après fermentation, une augmentation dans la proportion des matières grasses brutes, même en tenant compte des pertes de poids subies par le fourrage. Nous avons vu combien cette dernière condition est importante quand il s'agit de formuler une conséquence rigoureuse.

Tel maïs fermenté pourrait être plus riche en matière grasse qu'il ne l'était avant d'être mis en silo, sans qu'on pût en conclure exactement à une production de matière grasse pendant la fermentation. Il est indispensable de tenir compte des pertes subies par le fourrage et des quantités d'eau qu'il contient au début et à la fin de l'ensilage.

Les nombres qui se trouvent inscrits dans les Tableaux précédents se rapportent aux matières grasses brutes qu'on obtient en épuisant par le sulfure de carbone pur le four-

rage complètement desséché. Ils ont été obtenus en inscrivant le poids du résidu de l'évaporation du sulfure de carbone. Dans ce résidu se trouvent de la cire, des matières grasses et de la chlorophylle. Or il est un fait qui ne saurait échapper à ceux qui dosent comparativement les matières grasses dans une substance végétale, avant et après fermentation. Dans ce dernier cas, les matières grasses séparées sont beaucoup plus colorées ; il en résulte qu'elles contiennent un poids plus élevé de matières étrangères.

Il nous a paru indispensable de rechercher si l'augmentation de poids du résidu était due seulement à un accroissement dans celui des impuretés. Or, les procédés de dosage des matières grasses sont incomplets ; on ne sait pas séparer la chlorophylle de la cire et des matières grasses proprement dites.

On a parlé de l'emploi du noir animal en poudre pour décolorer les matières grasses souillées par la chlorophylle ; mais cet emploi a un inconvénient grave avec lequel il faut compter.

Pour enlever la chlorophylle enlevée par le sulfure de carbone à 10^{gr} de fourrage, il faut au moins 2^{gr} de noir animal en poudre ; or cette substance ne peut séjourner au contact d'une solution de matières grasses dans le sulfure de carbone sans en retenir une proportion notable. La perte augmente avec la quantité de noir employée :

Matière grasse dissoute dans 50^{cc} de sulfure de carbone	gr 0,119
Après contact de 2^{gr} de noir, résidu	0,101
» de 4 »	0,083

La perte varie avec la quantité de matière grasse ; elle augmente avec cette dernière jusqu'à un certain degré, à partir duquel elle reste constante :

Huile traitée par 2^gr de noir.	Résidu.	Perte.
gr	gr	gr
0,028	0,004	0,024
0,050	0,018	0,032
0,078	0,043	0,035
0,108	0,070	0,038
0,167	0,128	0,039

Dans tous ces essais, la matière grasse était dissoute dans 50^{cc} de sulfure de carbone; on laissait le contact subsister pendant un temps constant; on filtrait la dissolution, et on lavait le noir et le filtre avec un volume de sulfure de carbone égal à 20^{cc}.

La perte n'est pas la même pour toutes les matières grasses. Voici les nombres qui ont été fournis par le suif :

Poids de suif.	Résidu.	Perte.
gr	gr	gr
0,036	0,010	0,026
0,068	0,029	0,039
0,112	0,060	0,052
0,200	0,140	0,060

Avec la cire, la perte est plus faible pour des poids égaux de substance traités :

Poids de cire.	Résidu.	Perte.
gr	gr	gr
0,025	0,016	0,009
0,051	0,034	0,017
0,106	0,072	0,034
0,151	0,112	0,039
0,206	0,156	0,050

Il est certain que l'état physique du noir, son degré de finesse, la température à laquelle il a été calciné ne seront pas sans influence sur le résultat.

On ne saurait donc, sans des précautions spéciales, employer du noir pour décolorer une solution contenant de petites quantités de matières grasses. Si l'on avait à traiter

par le sulfure de carbone une graine oléagineuse, où toute autre matière riche en huile, la perte serait négligeable; mais il n'en est pas de même quand le poids de matière grasse que l'on doit peser ne dépasse pas un petit nombre de décigrammes; l'erreur relative devient trop forte. D'un autre côté, on ne peut méconnaître que pour les fourrages verts de la nature du maïs et du trèfle les matières étrangères, chlorophylle et autres, ne se trouvent en proportion notable dans le résidu de l'évaporation du sulfure de carbone.

Pour chercher à améliorer les résultats obtenus, nous avons préparé un échantillon de noir homogène et nous avons mesuré l'action d'un poids constant de ce noir (2^{gr}) sur diverses matières, huile, suif et cire. C'est ainsi que nous avons obtenu les résultats précédemment cités.

A l'aide de ces nombres, nous avons établi des formules qui permettent de remonter, du poids obtenu pour le résidu, au poids de la matière grasse sur laquelle on a fait agir le noir. Ces formules ne peuvent être employées que dans les limites mêmes des nombres qui ont servi à en calculer les coefficients.

En désignant par y le poids de la matière grasse traitée, par a le résidu provenant de l'action de 2^{gr} de noir, on arrive aux formules suivantes :

N° 1 pour l'huile.... $y = 22,14 + 1,48\,a - 0,0041\,a^2$
N° 2 pour le suif.... $y = 18,08 + 1,83\,a - 0,0038\,a^2$
N° 3 pour la cire.... $y = 1,71\,a - 0,0023\,a^2$.

Ceci fait, nous avons épuisé, par le sulfure de carbone, 10^{gr} de chacun des échantillons de fourrage; la solution a été évaporée. Le résidu, pesé après dessiccation, a été redissous dans 50^{cc} de sulfure de carbone; on a traité la solution par 2^{gr} de noir dans les mêmes conditions que les essais primitifs. La solution décolorée a été filtrée et, après lavage du noir et du filtre avec 20^{cc} de sulfure de carbone,

on a fait évaporer la liqueur et pesé le nouveau résidu obtenu. Dans tous les cas, la perte surpassait celle qu'on aurait observée sur un poids égal de matière grasse pure.

En appliquant les formules précédentes aux résultats de ces doubles essais, chacune d'elles conduisait, comme on devait s'y attendre, à des nombres différents. Seulement, on pouvait ainsi juger des limites extrêmes entre lesquelles devaient se placer les nombres réels, en supposant que l'on se trouvât en présence de mélanges de diverses matières grasses, de cire et chlorophylle. Voici les indications auxquelles conduisent ces formules :

DÉSIGNATION des fourrages.	RÉSIDU primitif.	RÉSIDU après action du noir.	NOMBRES CALCULÉS par la formule.		
			N° 1.	N° 2.	N° 3.
Maïs des Trois-Croix non fermenté............	mgr 44,0	mgr 13,0	40,7	41,2	22,0
» fermenté............	77,0	25,0	56,6	61,4	41,3
Maïs de M. Champion....	58,0	16,5	45,5	47,2	27,6
» fermenté............	113,0	41,0	75,9	86,7	66,2
Maïs de M. Galery........	49,0	15,0	43,0	44,7	25,2
» fermenté............	140,0	59,0	95,2	112,9	93,0
Trèfle des Trois-Croix.....	97,5	44,0	79,3	91,1	70,8
» fermenté...........	144,0	72,0	107,4	130,0	111,2

Quelles que soient les variations existant d'une colonne à l'autre, on peut constater ces résultats constants, savoir : 1° les matières grasses brutes subissent une diminution beaucoup plus forte pour les fourrages fermentés que pour les autres ; 2° malgré cette diminution plus forte, l'application des trois formules donne, pour les fourrages ensilés, un poids de matières grasses plus élevé.

En présence de ces résultats, il devenait nécessaire d'extraire du maïs une certaine quantité de matières grasses et de mesurer l'action du même noir sur ces substances préa-

lablement décolorées. Nous avons été ainsi conduits à la formule suivante :

$$y = 2,003\,a - 0,005\,a^2.$$

Nous l'avons appliquée aux poids de résidus déjà trouvés. Voici les résultats du calcul :

DÉSIGNATION des fourrages.	RÉSIDU primitif.	RÉSIDU après action du noir.	POIDS réel.	MATIÈRES étrangères.
	mgr	mgr	mgr	mgr
Maïs des Trois-Croix.....	44,0	13,0	25,2	19,8
» fermenté..........	77,0	25,0	47,0	30,0
Maïs de M. Champion....	58,0	16,5	32,1	26,9
» fermenté..........	113,0	41,0	73,6	39,4
Maïs de M. Galery.......	49,0	15,0	29,0	20,0
» fermenté..	14,0	59,0	101,0	39,0
Trèfle des Trois-Croix....	97,5	44,0	78,3	19,2
» fermenté.........	144,0	72,0	118,0	26,0

Ces résultats, qui ne présentent rien d'anormal, sont intermédiaires entre ceux que fourniraient séparément le suif et la cire. Ils conduisent pour chacun des échantillons aux proportions suivantes de matières grasses :

DÉSIGNATION DES ÉCHANTILLONS.	PROPORTION POUR 100	
	de matières grasses brutes.	de matières grasses purifiées.
Maïs des Trois-Croix........	0,099	0,057
» fermenté........	0,149	0,091
Maïs de M. Champion.....	0,121	0,060
» fermenté......	0,210	0,137
Maïs de M. Galery..	0,110	0,062
» fermenté................. .	0,255	0,184
Trèfle des Trois-Croix......... .	0,241	0,201
» fermenté	0,372	0,305

Quelque faibles que soient, en valeur absolue, les proportions de matières grasses ainsi réduites, les différences précédemment constatées se maintiennent, et le fourrage fermenté donne à l'analyse un résultat plus élevé que celui qu'on obtient avec le même fourrage pris à l'état naturel.

Cette question a une importance spéciale au point de vue des transformations dont les cellules végétales sont le siège. Aussi avons-nous cru devoir vérifier ces premiers résultats sur des végétaux différents. Nous avons choisi le colza, plante oléagineuse, et nous avons opéré sur la graine en la prenant au moment où l'on coupe la plante pour lui laisser achever en tas sa maturation.

Le 28 juin 1880, nous avons introduit dans un flacon 300^{gr} de graines que nous avons extraites des siliques. D'abord vertes, elles avaient pris pour la plupart, après douze heures d'exposition à l'air, une teinte brune. Le flacon a été muni d'un tube de verre et fermé hermétiquement. Le dégagement de gaz s'est effectué immédiatement et a continué jusqu'au 7 octobre, date à laquelle le flacon a été ouvert. Les graines, dont la surface était sèche au moment de leur introduction dans le flacon, étaient complètement mouillées, au point d'être adhérentes entre elles et aux parois du flacon. La perte de poids pendant la fermentation s'est élevée à $3^{gr},35$.

On a déterminé la proportion d'eau contenue dans la graine au moment de la fermeture et de l'ouverture du flacon :

	Matière sèche.
28 juin, graine non fermentée..........	55,26 p. 100
7 octobre, graine fermentée............	64,01 »

En tenant compte de la perte de poids par fermentation, on trouve que 100^{gr} de matière mise en flacon contenaient à sa sortie $53^{gr},407$ de matière sèche.

Les proportions de matières grasses trouvées sont les suivantes :

	Graine sèche.	Graine à l'état naturel.
Avant fermentation....	43,40 p. 100	23,98 p. 100
Après fermentation....	45,92 »	24,53 »

Le dosage a été effectué sur 5^{gr} de graine. L'huile obtenue avait une coloration vert brunâtre.

En résumé, les matières grasses, loin d'être détruites pendant la fermentation cellulaire et la conservation des fourrages en silo, comme le sont les principes sucrés et amylacés, se conservent intactes et même subissent un accroissement. L'augmentation est faible, puisqu'elle varie de 0^{gr},34 à 5^{gr},5 par kilogramme de substance végétale; mais on l'observe dans tous les cas. Les matières grasses dont il est ici question sont constituées par le mélange de substances diverses que les fourrages abandonnent au sulfure de carbone et on ne saurait dire si ces mélanges ont la même constitution avant et après fermentation.

Nous croyons donc utile de continuer et d'étendre ces expériences, en prenant toutes les précautions indispensables à une démonstration rigoureuse.

Dans une fermentation alcoolique ordinaire, des cellules végétales se développent aux dépens des matériaux de la liqueur fermentescible. Il y a destruction de sucre, production d'acide carbonique et d'alcool, et en même temps, il se forme de la matière grasse comme dans tous les phénomènes de végétation. Dans le cas de la fermentation cellulaire, la matière grasse produite apparaît comme le résidu de la combustion qui s'effectue dans les cellules, combustion qui s'opère à l'abri de l'air, à l'aide de dédoublements que nous ne connaissons pas encore et aux dépens de l'oxygène des matières sucrées et amylacées. Il n'y a pas production

de cellules végétales nouvelles comme dans une fermentation alcoolique normale. Cependant ces transformations ne seraient-elles pas la continuation de celles qui s'opèrent normalement dans les végétaux pendant leur vie aérienne?

SUR L'OPPORTUNITÉ DE FAIRE INTERVENIR,

DANS QUELQUES CIRCONSTANCES,

L'ARSENIC DANS LE CHAULAGE DES GRAINS.

On se souviendra en Alsace des dégâts occasionnés par les campagnols pendant l'année 1854 ; dans l'arrondissement de Wissembourg, les pertes ont été évaluées à plus de 800 000fr. Les labours détruisirent une quantité prodigieuse de ces animaux ; néanmoins, en automne, les terres ameublies par la charrue en renfermant encore assez pour donner de sérieuses inquiétudes au moment des semailles, je fus consulté pour savoir s'il ne conviendrait pas de les faire périr par le poison. L'utilité d'empoisonner les campagnols, afin de préserver la semence, me parut ne devoir être admise qu'autant que le blé n'acquerrait pas une propriété toxique par le chaulage le plus généralement usité dans le pays. Les substances dont on fait usage pour chauler les grains sont : la chaux, qui a donné son nom à l'opération, les cendres de bois, le purin des fosses à fumier, le sel marin, l'alun, le sulfate de soude, le sulfate de cuivre, le vert-de-gris, l'acide arsénieux, vulgairement l'arsenic, les sulfures d'arsenic. Chacune de ces substances remplit le but qu'on se propose en chaulant, celui de protéger les récoltes contre la carie ; quant au mode d'application, il dépend naturellement des propriétés des matières employées. Ainsi, quand ces matières sont très peu solubles, on les répand en poudre sur le blé dont la surface est convenablement humectée ; on

fait pénétrer dans le grain, par voie d'imbibition, celles que l'eau dissout en proportion notable. Assez souvent on associe les substances propres au chaulage. Suivant Marshall, les fermiers du Norfolk humectent la semence avec une dissolution de sel marin, avant de la saupoudrer avec de la chaux ; c'est le procédé préconisé par Mathieu de Dombasle, avec cette simple différence, la substitution du chlorure de sodium au sulfate de soude.

A l'exception du sulfate de fer, les agents utilisés dans le chaulage sont tous vénéneux. La chaux même a une certaine action toxique, mais il ne faut pas perdre de vue qu'une fois appliquée elle perd très rapidement sa causticité par suite de son union avec l'acide carbonique de l'atmosphère, et que bientôt ce n'est plus l'hydrate de chaux, mais un carbonate entièrement inactif, dont le grain chaulé est revêtu.

Malgré tous les efforts faits jusqu'à présent pour proscrire l'arsenic des opérations de chaulage, les cultivateurs, dans plusieurs contrées, ont continué à en faire usage en dépit des entraves mises au débit de ce poison. Depuis que notre agriculture de l'Est a eu à souffrir par les campagnols, je comprends mieux cette persistance. En définitive, le chaulage doit avoir deux buts : l'un, de préserver la récolte de la carie, l'autre, de la soustraire à la voracité des animaux nuisibles, et si la semence traitée par le sel marin, par le sulfate de soude, par la chaux, est convenablement préparée pour empêcher le développement des cryptogames parasites, elle ne l'est certainement pas pour échapper à l'attaque des rats, des souris ou des campagnols ; il y a plutôt lieu de croire que par le fait elle se trouve assaisonnée de manière à surexciter leur appétit.

Le *chaulage* par le sulfate de cuivre, recommandé en 1807 par B. Prevôt comme l'un des plus puissants préservatifs de la carie, semblerait devoir satisfaire à toutes les exigences, car ce sel est vénéneux, bien qu'à un moindre

degré que l'arsenic ; il offre d'ailleurs peu de danger dans son emploi à cause de sa couleur et de la forte saveur de sa dissolution. Le chaulage par le *vitriol de cuivre* prend chaque année de l'extension ; on le pratique en Alsace depuis longtemps, de sorte que, pour répondre à la question que l'on avait posée, il s'agissait simplement de constater si le blé traité par le sel de cuivre empoisonnait les campagnols.

Je rappellerai comment on *chaule* avec le sulfate de cuivre. J. Sainclair prescrit 100^{gr} de sulfate dissous dans 11^{lit} d'eau pour 1^{hlit} de grains. Le blé est placé dans un baquet avec la dissolution, à laquelle on ajoute assez d'eau pour qu'il soit recouvert d'une couche de liquide de $0^{m},12$ à $0^{m},15$ d'épaisseur.

On brasse et, après avoir enlevé les grains surnageant, on met égoutter dans des paniers, qui, une heure après, sont plongés un instant dans de l'eau fraîche. Après avoir fait égoutter le grain une seconde fois, on le sèche en l'étendant sur une aire.

Expérience n° 1. — Du froment préparé pour semaille par le sulfate de cuivre, en se conformant aux prescriptions indiquées ci-dessus, a été donné à discrétion à des souris et à des campagnols qui en ont mangé pendant plusieurs jours sans en éprouver le moindre inconvénient. Ce blé ne possédait donc pas de propriété vénéneuse, et loin de concourir à la destruction des animaux nuisibles, il leur servait de nourriture. L'innocuité du grain provenait sans aucun doute de la faiblesse de la dose de sel de cuivre introduite.

Expérience n° 2. — J'ai cru devoir augmenter la proportion de sulfate, en faisant en sorte, pour la précision du résultat, que la proportion assignée, 125^{gr} pour 1^{hlit} de grain, fût complètement absorbée.

Pour faire pénétrer en totalité le sulfate qu'on voulait introduire, il fallait d'abord déterminer l'eau qu'un volume

de grain pouvait prendre ; il était d'ailleurs utile de connaître le résultat de cette détermination pour tous les cas où il s'agirait de *chauler* avec une substance soluble.

$0^{lit},1$ de blé, pesant 70^{gr}, a été mis dans un vase de verre avec 64^{cc} d'eau ; une heure après le blé a été jeté sur une passoire.

Eau	64^{cc}
Il s'est écoulé	48
Différence, ou eau restée dans le blé	16

L'eau écoulée et le blé ont été réunis. Une heure après on a jeté de nouveau sur la passoire.

Il est sorti, eau	46^{cc}
Auparavant on avait eu, eau	48
Différence, ou eau absorbée	2

On voit que c'est surtout dans la première heure de l'immersion que l'eau a été fixée par le blé ; 1^{lit} de grain prend donc en une heure, soit en absorbant, soit en se mouillant, 160^{cc} de ce liquide. Lorsque le *trempage* ne doit pas durer plus d'une heure, il convient d'employer au plus 16^{lit} d'eau par hectolitre de blé à *chauler*, quand on ne veut pas qu'il reste du liquide après l'immersion, comme cela doit être si l'on veut faire pénétrer dans le grain la totalité de la substance dissoute.

D'après ce qui précède, *pour chauler* le blé, à raison de 125^{gr} de sulfate de cuivre par hectolitre, on a dissous $0^{gr},125$ de sel dans 160^{cc} d'eau, puis l'on a versé la dissolution sur 1^{lit} de blé ; lorsque le liquide a été absorbé, le grain a été séché à l'air ; son épisperme avait une nuance verdâtre extrêmement faible. Déposé sur du sable humide, le blé a germé tout aussi rapidement que s'il n'eût pas été traité par le sulfate de cuivre.

On a donné de ce blé à une souris placée sous une grande cloche en verre munie de deux tubulures latérales

et d'une tubulure à la partie supérieure, pour favoriser le renouvellement de l'air. Sa cloche recouvrait un plat en porcelaine sur lequel on mettait comme litière du papier buvard.

Pour boisson on a toujours mis des racines très aqueuses.

La souris a mangé pendant trois jours du blé préparé au sulfate de cuivre sans en éprouver le moindre mal, ce que j'attribuai à cette circonstance que la souris pèle toujours le grain dont elle se nourrit, et, comme le sulfate paraît principalement fixé dans l'épisperme, elle échappe à l'action délétère de ce sel.

Expérience n° 3. — J'ai porté la proportion de sulfate de cuivre à 500^{gr} par hectolitre de blé, en faisant prendre à $0^{lit},1$ de grain 16^{cc} d'une dissolution renfermant 5^{gr} de sulfate.

Après dessiccation, la pellicule du blé avait une teinte verte assez prononcée. Le blé employé dans ces recherches contenait par décilitre 2071 grains ; le sulfate de cuivre cristallisé renferme 64 pour 100 de sulfate anhydre ; dans chacun des grains il entrait donc $0^{gr},024$ de sulfate cristallisé, ou $0^{gr},154$ de sulfate sec.

Une souris mise sous la cloche a mangé, en les pelant, 70 grains de blé sans paraître en souffrir, du moins elle elle est parvenue à s'échapper et s'est enfuie avec une grande rapidité.

Expérience n° 4. — A une autre souris, placée sous la cloche, on a donné du même blé, et, comme boisson, 1^{cc} de navet, représentant à peu près 1^{gr} d'eau. La souris a mangé avec appétit ; de temps à autre elle grignotait le morceau de navet, représentant à peu près 1^{gr} d'eau. En trois jours elle a consommé 500 grains de blé, dans lesquels il devait y avoir $0^{gr},077$ de sulfate de cuivre sec ; néanmoins elle avait conservé toute sa vivacité. Le son qu'elle laissa était en pellicule, dans lesquelles, vraisem–

blablement, devait se trouver la plus grande partie du sel de cuivre.

Expérience n° 5. — Il paraissait évident que les souris avaient échappé à l'action du poison par l'instinct qui les porte à peler les graines des céréales, instinct que n'ont pas les campagnols ; il y avait donc lieu de croire que ces derniers ne supporteraient pas le régime auquel la souris avait été mise dans l'expérience précédente.

Un campagnol a été placé sous la cloche avec 1^{cc} de navet. On lui a jeté d'abord une douzaine de grains de blé non chaulé qu'il a dévorés entièrement avec sa voracité accoutumée, et sans laisser le moindre fragment de son. Ensuite on lui a présenté du blé préparé par le sulfate de cuivre, et, à ma grande surprise, contre ses habitudes, il a mangé en rejetant l'épisperme exactement à la manière des souris; aussi a-t-il pu, en trois jours, prendre sans inconvénients 300 grains de blé préparé, dans lequel il y avait 0^{gr},046 de cuivre anhydre.

Expérience n° 6. — Un autre campagnol, auquel on avait donné 320 grains du même blé, préparé avec le sulfate de cuivre, a épluché, concassé chaque grain, en rejetant les fragments aussitôt après les avoir goûtés. Le campagnol mourut le troisième jour, mais il serait difficile de dire s'il a succombé par le poison ou par la privation de nourriture, car la plus grande partie de l'aliment était restée sous la clochee.

Au point de vue de la question à laquelle ces expériences doivent répondre, il est clair que le chaulage par le sulfate de cuivre n'offre pas la moindre garantie aux récoltes contre la destruction par les animaux nuisibles. On a pu remarquer, en effet, qu'en employant le sulfate à très faible dose, les souris, comme les campagnols, mangent impunément le blé préparé. Quand le sel de cuivre est ajouté en plus grande proportion, comme il ne semble pas pénétrer au delà de l'épisperme, ces animaux échappent

encore à son action en pelant le grain; et en supposant même, ce qui est fort contestable, que le campagnol soit mort empoisonné, on ne retirerait aucune utilité de ce chaulage, par la raison que le blé ne germe plus convenablement lorsqu'on lui administre le sulfate de cuivre à raison de 500^{gr} par hectolitre.

Expérience 7. — J'ai eu plusieurs fois l'occasion de constater qu'un campagnol du poids de 12^{gr} à 14^{gr} ne supporte guère plus de trente heures de privation de nourriture. J'ai cru aussi devoir rechercher ce qu'il consommait de blé dans un jour, cette notion pouvant avoir un certain intérêt.

A un campagnol mis sous la cloche, on a donné successivement, et de manière qu'il ne manquât jamais d'aliments, 940 grains de blé et 3^{cc} de navet pour servir de boisson. Cinq jours étant écoulés, on a retrouvé 300 grains de froment; l'animal en avait consommé 640 grains sans en détacher l'épiderme, soit pour vingt-quatre heures 128 grains. Comme dans 1^{lit} de ce blé il rentrait 20710 grains, on arrive à cette conséquence que ce litre de froment nourrirait pendant un jour 162 campagnols; 1000 de ces animaux, s'ils ne prenaient pas d'autre nourriture, en mangeraient 6^{lit} dans un jour. Or, comme, dans leur invasion semblable à celle que nous avons subie en 1854, il y avait des champs infestés de plus d'un million de campagnols sur un hectare, on conçoit jusqu'où peut aller le dégât, surtout si j'ajoute que le campagnol ne mange pas seulement du grain, mais qu'il est encore dans ses habitudes de faire de fortes réserves pour l'hiver.

Expérience 8. — Contrairement à ce que j'avais présumé, le blé préparé avec le sulfate de cuivre n'agissant pas comme poison sur les souris et les campagnols, il y avait lieu de rechercher quelles seraient les propriétés toxiques du grain avec le concours de l'arsenic.

Le chaulage proprement dit, celui où la chaux intervient

seule pour ôter la vitalité aux sporules des cryptogames dont on redoute et dont on veut empêcher le développement, est pratiqué en humectant le grain de manière à faire adhérer la chaux avec laquelle on le saupoudre. 11^{lit} à 12^{lit} d'eau suffisent pour mouiller convenablement 1^{hlit} de froment, sur lequel on répand environ 2^{kg} de chaux récemment éteinte. Ainsi préparée, et en quelque sorte pralinée, la semence produit une récolte ordinairement exempte d'épis attaqués par la carie, mais qui néanmoins pourra être faible si une partie du grain ensemencé a été dévorée par la vermine du sol.

En associant l'arsenic soit à la chaux, soit aux cendres de bois, au purin, on ajoute sans doute fort peu à la puissance dont sont douées ces différentes substances pour combattre la carie; mais, par cette association, on leur communique certainement le pouvoir de protéger la semence contre la voracité des animaux nuisibles.

1^{lit} de blé a été humecté avec $0^{lit},1$ d'eau, puis saupoudré avec

Chaux............	20^{gr}
Acide arsénieux....	2^{gr}

L'acide arsénieux avait été mélangé à la chaux éteinte. Le blé chaulé, séché à l'air, a très bien germé.

Une souris a été mise sous la cloche, à une heure, avec 1^{cc} de carotte et 16 grains de blé préparé qu'elle a mangé en les épluchant à la manière des écureuils, c'est-à-dire en saisissant et soulevant la nourriture avec les deux pattes qu'elle frottait l'une contre l'autre après avoir mangé, et qu'elle léchait fréquemment.

On a mis successivement sous la cloche 100 grains de blé. A cinq heures la souris semblait avoir perdu de sa vivacité. Le lendemain, à 8^{h} du matin, on la trouva assoupie, bientôt elle se mit à manger et de temps en temps elle mordait dans le morceau de carotte qu'on lui avait

donné comme boisson ; à partir de 11^h elle n'a plus pris de nourriture ; à 4^h elle se soutenait à peine, et mourut à 5^h.

On a retrouvé.....	44	grains de blé.
On en avait donné...	100	»
Grains consommés..	56	»

Comme dans le litre de blé il y avait 20710 grains, les 2^{gr} d'arsenic ajoutés à la chaux se trouvaient répartis de telle manière que chacun de ces grains en contenait à peu près 0^{mgr},1. Les 56 grains consommés devaient donc en enfermer 5^{mgr},6 ; mais, si l'on considère que ce poison adhérait à la surface du blé, on en conclura que l'animal, en pelant le grain, n'en a pris qu'une dose bien inférieure. Ce que cette expérience établit, c'est que 56 grains de blé chaulé, avec addition d'arsenic dans la proportion indiquée ci-dessus, ont donné la mort à une souris.

Expérience 9. — On a répété l'expérience précédente en remplaçant la souris par un campagnol, qui, mangeant le blé sans l'éplucher, devait être empoisonné avec un nombre de grains plus limité.

A midi un campagnol mis sous la cloche, où il y avait 1^{cc} de navet, 40 grains du blé préparé, a mangé avec avidité, et, suivant ses habitudes, sans séparer l'épisperme des grains chaulés. A 5^h, l'animal ressentit les effets du poison ; il mourut dans la nuit. Il restait 5 grains de blé : 35 grains contenant 3^{mgr},5 d'arsenic avaient suffi pour produire l'empoisonnement.

Expérience 10. — On devait rendre le blé plus vénéneux en faisant pénétrer l'acide arsénieux plus avant dans l'intérieur du grain. Le peu de solubilité de cet acide m'a décidé à faire usage de l'arsénite de soude, sel très soluble, facile à préparer sous la forme d'une liqueur titrée qui permet de déterminer très rapidement la quantité d'arsenic qu'il s'agit de porter dans le blé.

100^{gr} d'acide arsénieux en poudre très fine ont été traités à chaud par l'eau contenant de la soude caustique. Après le refroidissement on a filtré et l'on a pesé l'acide que la liqueur alcaline n'avait pas dissous.

Acide arsénieux employé.....	gr 100,0
Acide non dissous...........	42,6
Acide dissous.........	57,4

Par une addition d'eau distillée à la dissolution, on a préparé 1^{lit} de liquide contenant, à l'état d'arsénite de soude, les 57^{gr},4 d'acide arsénieux, et dont, par conséquent, 1^{cc} en représentait 0^{gr},057. On a fait absorber à 0^{gr},1 de blé 12^{cc} d'eau aditionnée de 3^{cc},5 de la liqueur arsénicale titrée, soit 0^{gr},2 d'acide arsénieux, et, puisque dans le décilitre on comptait 2071 grains de froment, chacun de ces grains était porteur de 0^{mgr},1 d'arsenic, à l'état d'arsénite de soude.

Un campagnol fut mis sous cloche à 5^{h} du soir, avec 1^{cc} de carotte et 30 grains du blé préparé; il mangea de suite 10 grains, et après mordit dans la carotte. Ensuite il ne prit plus de nourriture. Cependant le campagnol conserva toute sa vivacité jusqu'à 7^{h} du soir, où les symptômes de l'empoisonnement se manifestèrent.

L'animal mourut dans la nuit ayant laissé intacts 30 grains de blé. Ainsi 10 grains, dans lesquels il devait y avoir 0^{mgr},1 d'acide arsénieux déterminèrent la mort.

Expérience 11. — A 8^{h} du matin, un campagnol a été mis en expérience avec 1^{cc} de navet et 40 grains du blé préparé employé précédemment. Après avoir mangé 8 des grains de blé et la moitié de la racine donnée comme boisson, le campagnol ne touche plus aux aliments; à 8^{h} du soir, il était mort. Dans les 8 grains de blé consommés il y avait 0^{mgr},8 d'acide arsénieux.

Les expériences 10 et 11 semblent indiquer que l'acide

arsénieux uni à la soude a une propriété toxique plus prononcée qu'à l'état libre. On a vu, par exemple, dans l'expérience n° 9, qu'avec un blé préparé en employant un mélange de chaux éteinte et d'arsenic, il a fallu $3^{mgr},5$ d'acide arsénieux adhérant à 35 grains de semence pour tuer un campagnol. Or, on vient de voir que le quart environ de cette quantité a suffi pour produire le même effet lorsque l'acide arsénieux était donné à l'état d'arsénite de soude. Il faut, toutefois, tenir compte de cette circonstance que, dans le chaulage par un mélange d'hydrate de chaux et d'acide arsénieux, il doit se former de l'arsénite de chaux, sel insoluble et, à cause de cette propriété, probablement moins actif comme poison que l'arsénite de soude, doué d'une grande solubilité.

L'arsénite de soude possède une réaction alcaline; à ce titre, il est extrêmement probable que, seul, ce sel agirait efficacement contre le développement de la carie, et, comme il est toxique à un très haut degré, il permettrait d'atteindre les deux buts qu'on doit se proposer dans le chaulage : préserver la récolte de l'invasion des cryptogames et la semence de l'attaque des animaux nuisibles.

L'emploi d'une liqueur titrée d'arsénite de soude donnerait d'ailleurs à l'opération du *chaulage* une précision qu'elle est bien loin d'avoir aujourd'hui, quelle que soit la nature des substances dont on dispose, car une fois qu'on aurait fixé par un essai préliminaire la quantité d'eau que la semaille *boit,* sans cependant devenir trop humide, il suffirait d'introduire dans cette eau la proportion d'arsénite alcalin jugée convenable. Ainsi, pour *chauler* de façon à porter à 200^{gr} l'arsenic à faire pénétrer dans 1^{hlit} du blé qui a servi à ces expériences, en faisant usage d'une liqueur arsénicale semblable à celle dont j'ai donné la préparation, il conviendrait de procéder ainsi qu'il suit. Comme je sais qu'en une heure 1^{hlit} de ce blé boit 16^{lit} d'eau et que 1^{lit} de liqueur arsénicale titrée ren-

ferme 57^{gr} d'acide arsénieux (arsenic), je composerai un liquide avec

	lit
Liqueur arsénicale...........	3,5
Eau.......................	12,5
	16,0

Le blé étant mis dans un cuvier, on ferait arriver peu à peu les 16^{lit} d'eau, en agitant continuellement le grain. Une heure après on étendrait pour faire sécher. Ce serait là un *chaulage* fortement arsénical, puisque par hectolitre de froment on aurait ajouté, en liqueur arsénicale, l'équivalent de 200^{gr} d'arsenic ; mais, si on le jugeait suffisant, on pourrait en ajouter 100^{gr} seulement et moins encore, ce qui serait toujours facile tant qu'on connaîtrait le titre de la liqueur arsénicale, c'est-à-dire ce que cette liqueur contiendrait d'arsenic dans 1^{lit}.

On a prétendu que pour mettre les graines à semer à l'abri de l'attaque des animaux il suffisait de leur communiquer une forte amertume, en les faisant tremper pendant quelque temps dans certaines décoctions de végétaux, telles que celles de coloquinte, d'ellébore blanc, d'absinthe et, mieux encore, dans des décoctions ayant à la fois la saveur désagréable et la propriété vénéneuse, comme une infusion de noix vomique, etc. A mon avis, en employant ces moyens, on manque le but principal, je dirais même le but unique qu'on se propose : la destruction de la vermine nuisible aux semailles, car il est plus que douteux que ces substances amères aient la faculté de préserver les récoltes de la carie ; sans doute, les campagnols, les souris, les mulots, ne toucheront pas aux grains de blé ou aux grains de maïs imprégnés de semblables substances, mais la semaille ne sera réellement garantie de leurs attaques que pendant quelques jours seulement, puisque bientôt la germination aura lieu, et les radicelles comme les tigelles, dans lesquelles le principe vénéneux

ou rapide ne parviendra certainement pas, serviront d'aliment à ces rongeurs. Il faut, selon moi, que la graine semée puisse être mangée et qu'elle tue; il faut qu'elle soit à la fois un appât et un poison.

Recherchons maintenant ce que l'on perd de semaille pour détruire les campagnols dans un champ qui en serait infesté. Je raisonnerai dans la supposition que le blé a été chaulé avec 200^{gr} d'acide arsénieux par hectolitre, l'acide constituant un arsénite alcalin. Les expériences 10 et 11 ont prouvé que 10 grains de ce blé tuent un campagnol; comme dans 1^{lit} il y avait 20710 grains, ce litre suffirait pour empoisonner 2071 de ces animaux.

L'opportunité de faire intervenir une substance toxique dans le chaulage une fois admise, on peut demander quelle serait, à l'époque des semailles, la position d'un cultivateur ayant chaulé avec l'intention de détruire les animaux nuisibles, mais qui serait entouré de voisins n'ayant pas pris les mêmes précautions. Je crois que cette situation ne serait pas désavantageuse, et voici les raisons sur lesquelles je me fonde. L'empoisonnement pour les animaux destructeurs a d'abord pour effet de préserver la récolte : c'est là le résultat capital; mais il en est un autre qui, bien que secondaire, n'est cependant pas à dédaigner. C'est qu'un animal, de nuisible qu'il est quand il vit, devient éminemment utile après sa mort, par ce motif qu'il agit comme engrais? Le compte est facile à établir si l'on se rappelle que 1^{lit} de blé chaulé à l'arsenic peut donner la mort à 2071 campagnols. Or, comme je m'en suis assuré, 1 campagnol pèse environ 15^{gr}; il s'ensuit qu'on a, pour le prix de 1^{lit} de blé, $0^{fr},20$ à $0^{fr},25$, 31^{kg} d'animaux morts, soit $0^{fr},65$ à $0^{fr},80$, pour le quintal représentant 25^{kg} au moins de chair, de sang et d'os desséchés, engrais d'ailleurs tout transporté et répandu sur les champs. Dans cette limite de prix, je verrais avec satisfaction les campagnols de mes voisins venir mourir sur mes cultures,

et, dans l'automne de 1854, j'aurais donné volontiers 1^{lit} de blé à celui qui m'eût apporté en échange 31^{kg} de campagnols morts, car il y aurait eu dans ces 31^{kg}, en azote et en phosphate assimilables par les plantes, les éléments d'environ 30^{lit} de blé.

L'usage de l'arsenic dans le chaulage, je m'empresse de le reconnaître, présente bien des dangers en mettant entre les mains d'un grand nombre de personnes un poison aussi énergique. On comprend dès lors que la législation ait apporté certaines restrictions au commerce d'une semblable matière. C'est surtout par sa ressemblance avec le sucre, la farine, l'amidon, le sel, que l'arsenic en poudre est dangereux : aussi les accidents auxquels il donne lieu par imprudence ou par inadvertance sont-ils nombreux et presque toujours funestes.

On a proposé d'ajouter à l'arsenic destiné à l'agriculture quelques centièmes d'un mélange composé de sulfate de fer et de prussiate jaune de potasse ; ce moyen, s'il était adopté, préviendrait bien des malheurs, car, lorsque l'arsenic ainsi préparé est ajouté à du lait, à du bouillon, en un mot à tout aliment liquide, il leur communique aussitôt une couleur bleue plus ou moins sale, mais toujours assez foncée pour attirer immédiatement l'attention. Les entraves mises à la vente de l'arsenic pourraient dès lors être levées en partie, avec d'autant plus de motifs qu'on en comprend moins l'efficacité, aujourd'hui qu'il se passe un fait d'une gravité sans égale, dont on paraît du reste se préoccuper assez peu : je veux parler de la libre circulation des allumettes phosphorées. Ces allumettes sont partout, on les trouve pour ainsi dire en contact avec nos aliments ; cependant elles sont dangereuses au plus haut degré et les accidents qu'elles occasionnent sont doublement à craindre, car le phosphore n'est pas seulement un poison des plus violents, c'est aussi le corps le plus incendiaire que l'on connaisse.

Je terminerai ce travail en rappelant une communication faite à la Société d'Agriculture par M. Heuzé.

Le mulot et le campagnol sont regardés depuis les temps les plus reculés comme des rongeurs redoutables; Aristote a signalé les dégâts qu'ils causent daus les champs. On confond souvent ces deux animaux : le campagnol, que l'on nomme fréquemment *souris de terre*, a la queue moins longue que celle du mulot.

Le campagnol habite l'Europe et le nord de l'Amérique; selon Pallas, il ne redoute pas les froids de la Sibérie; ce rongeur est frugivore, herbivore et carnivore, mais il vit principalement de grains, d'herbe et de racines, il est sans cesse en activité ; il disparaît d'une contrée aussi subitement que son apparition a été soudaine. C'est tout à coup et en troupes innombrables qu'on le voit apparaître. Alors les ravages qu'il cause aux cultures deviennent de véritables fléaux.

Le campagnol se cantonne dans les lieux découverts, les plaines et les marais, mais c'est plus particulièrement dans les terres légères ou de consistance moyenne qu'on le voit en grand nombre; nul obstacle ne l'arrête dans ses pérégrinations. Ordinairement le jour il est sous terre comme la taupe : c'est le soir à la chute du jour qu'il fait entendre des cris aigus et confus. Dans l'Artois on entendait distinctement, le soir, les troupes de ces petits rongeurs à la distance de 600^m à 800^m.

Les campagnols font des galeries souvent si nombreuses que la couche arable est comme minée ou déchirée en tous sens. Cet animal ne fait pas de provisions, il vit pour ainsi dire au jour le jour. C'est à l'époque des semailles seulement qu'il rassemble quelques grains dans les logis qu'il a creusés. A la maturité des céréales il coupe les tiges par les pieds et à fleur de terre pour les faire tomber et manger la graine des épis. Après la levée des céréales, il coupe, ronge les tiges vertes à l'état rudimen-

taire et oblige souvent à faire de nouvelles semailles. Au milieu de l'été, le campagnol passe des champs moissonnés aux prairies artificielles : luzerne, trèfle et sainfoin, où il coupe les racines et soulève la terre. Au mois d'octobre il s'attaque aux champs nouvellement emblavés. En temps de neige il ronge les écorses des jeunes arbres ou des jeunes taillis.

La multiplication du campagnol, ainsi que Pline l'a constaté, est prodigieuse et effrayante. Elle est favorisée par les saisons sèches. Combien la femelle fait-elle de portées chaque année : les uns disent deux, les autres six. Quoi qu'il en soit, il est incontestable que la gestation dure de dix-huit à vingt jours, et que chaque portée donne de cinq à huit petits que la mère dépose dans des petites loges sur un lit d'herbes sèches.

La nature est-elle la plus grande destructrice de ces animaux voraces? On en doute; on sait que le campagnol brave le froid et les neiges, et qu'il ne périt pas toujours sous l'action des pluies abondantes et prolongées. C'est avec raison que Pline observe qu'on trouve peu de cadavres de campagnols quand on laboure pendant l'hiver (¹).

Les oiseaux de proie font sans cesse une guerre vive à ces rongeurs qui servent de pâture à ces rapaces diurnes et nocturnes : les corbeaux, les émouchets, les ducs, les chats-huants, les orfraies, etc., les belettes, les putois, les fouines, les renards, en détruisent aussi chaque année un grand nombre.

On s'est toujours préoccupé de détruire ces animaux dévastateurs.

Les moyens de destruction proposés ou mis en pratique se divisent en quatre catégories :

1° Les apprêts destructeurs ou substances empoisonnées ;

(¹) M. Boussingault a reconnu que les campagnols se dévorent quand ils sont enfermés dans une enceinte limitée.

2° Les fumigations enivrantes ou mortelles ;

3° Les pièges ;

4° Une destruction directe.

Les appâts destructeurs sont nombreux. Apulée a proposé de faire tremper les semences de céréales dans du *fiel de bœuf*. Palladius recommande de mêler de l'*ellébore noire*, du *pain* et de la *graisse*. Le mélange le plus anciennement employé consiste en :

Farine d'orge.............	12^{lit}
Ellébore en poudre..........	500^{gr}
Staphysaigre............	120^{gr}
Miel commun..............	500^{gr}

et d'une quantité de lait suffisante pour obtenir une pâte un peu ferme qu'on donne en boulettes.

L'ellébore est la racine pulvérisée du *veratrum album*, qui doit ses propriétés vénéneuses à la *vératrine*.

On a aussi proposé d'empoisonner les campagnols avec une pâte faite de graisse et de tranches de l'oignon de la *scille maritime* (*scilla maritima*). La scille agit à la manière des poisons narcotiques.

En 1769, Cretté de Palluel, effrayé de l'immense quantité de campagnols qui sillonnaient en automne les terres arables qu'il cultivait, fit usage, en 1770, à l'époque des semailles, du mélange ci-après :

Orge concassé...............	25^{lit}
Miel.....................	1^{kg}
Arsenic mêlé à de la farine.....	1^{kg}

Plus tard on a employé une *pâte arsénicale* formée de :

Farine de blé.............	1^{kg}
Suif fondu................	1^{kg}
Acide arsénieux en poudre....	100^{gr}
Noir de fumée..............	10^{gr}
Essence d'anis...........	1^{gr}

L'arsenic est toujours efficace, mais il est dangereux d'en faire usage parce qu'il fait périr des volailles et du gibier qui, vendus sur le marché, peuvent occasionner des accidents.

La pâte phosphorée a été utilisée avec succès par M. Nagel, à Châlons-sur-Marne. Voici comment elle a été préparée : on a fait gonfler du blé dans de l'eau chaude, et, après l'avoir laissé égoutter, on l'a mêlé à de la pâte phosphorée. Quelques heures après, le grain est complètement imprégné de la pâte, que l'on place par petite quantité à l'entrée des galeries pratiquées par les campagnols.

La pâte phosphorée est préparée facilement : on fait fondre 500^{gr} de graisse à la température de l'eau bouillante et on y jette 1^{gr} de phosphore, puis on ajoute peu à peu de la farine jusqu'à donner au mélange une consistance convenable. La pâte est étendue sur de petites tranches de pain.

En l'an IX, suivant le rapport de Lacépède à l'Académie des Sciences sur les Mémoires que Cavoleau lui adressa, le Marais méridional de la Vendée eut ses champs de céréales et ses prairies ravagés par les campagnols. La douceur de l'hiver ayant favorisé leur développement, ils devinrent tellement nombreux au printemps de l'an X qu'ils occupèrent un espace de quarante lieues carrées.

A la récolte, on constata avec effroi que des champs entiers ne contenaient pas un seul épi de froment. De plus, la terre, dans les prés, était criblée de trous qui communiquaient à de nombreuses galeries. Les pertes en grains et en foin, dans les quinze communes ravagées, furent évaluées à 2440000^{fr}, non compris les avaries faites à la terre avant et pendant les semailles. L'année suivante les dégâts furent moins sensibles ; néanmoins, ils s'élevèrent encore à 857000^{fr}.

La Société d'Agriculture de la Rochelle s'émut de ces détails et chercha les moyens d'en prévenir les retours.

De nombreuses tentatives furent faites dans ce but, et, parmi les moyens appliqués, il faut signaler le procédé qui consistait à creuser dans les marais et les terres labourables de petites fosses à parois verticales. Ce système, appliqué par suite de la connaissance des mœurs nocturnes des campagnols, eut le succès espéré. Un grand nombre d'animaux se précipitèrent dans ces fosses et y trouvèrent la mort. La même année, les campagnols envahirent le département de la Gironde; ils se répandirent aussi dans les départements du Loiret, du Bas-Rhin et de Sambre-et-Meuse.

En 1791 et 1792, le mulot se multiplia d'une manière prodigieuse dans le Santerre. Voici le moyen mis en pratique par le docteur Landormy-Laucour, à Montdidier (Somme), pour modérer son excursion.

Avec la charrue on ouvrait des voies qui se croisaient à angles droits, et qui étaient espacées en tous sens de plusieurs mètres. Sur les points d'intersection des lignes on enterrait des pots en terre, en ayant soin que les rebords fussent un peu en contre-bas du sol, puis on y versait de l'eau. Ceci fait, on implantait autour de chaque pot quelques pailles, portant des panicules d'avoine, de manière qu'elles formassent une légère route au-dessus des cavités. Le matin on trouvait dans chaque récipient de 30 à 50 mulots. Cretté de Palluel utilisa ce moyen destructeur, mais, malgré les bons résultats qu'il en obtint, il y renonça parce qu'il fallait transporter de grandes quantités d'eau, et que pendant la nuit on dérobait les pots.

A ces moyens on a substitué des opérations manuelles : on laboure les chaumes et on fait suivre la charrue par un homme muni d'une palette en bois pour tuer les campagnols qui sortent du sillon. On sait, en effet, que ces rongeurs s'enfoncent très peu dans le sol. Dans certaines localités, ce sont des chiens qui suivent la charrue.

SUR

L'APPARITION DU MANGANÈSE

A LA SURFACE DES ROCHES.

Les torrents de la chaîne littorale de Venezuela charrient vers la mer des blocs de granite, de gneiss, de micaschiste; sur la côte de la Guayra, je remarquai des galets de quartz colorés à la surface soit par de l'oxyde rouge de fer, soit par une substance noire ressemblant à de la plombagine. L'épaisseur de ces enduits très adhérents ne dépassait pas $\frac{1}{10}$ de millimètre. Comment ces cailloux roulés avaient-ils été recouverts d'une pellicule de carbone? Cette question me préoccupa jusqu'à ce qu'un examen, fait dans le laboratoire de Santa-Fé-de-Bogotá, me démontrât que la coloration n'était pas due à du carbone, comme je l'avais supposé, mais à du bioxyde de manganèse. Au reste, cette teinte noire, observée non plus sur du quartz charrié par les eaux d'un ruisseau, mais à la surface de roches granitiques, avait déjà fixé l'attention d'Alexandre de Humboldt, durant la mémorable navigation qu'il exécuta sur les grands fleuves de l'Amérique méridionale, pour étudier et fixer astronomiquement cette singulière bifurcation qui met en relation directe l'Orénoque et l'Amazone, contestée pendant si longtemps par les géographes.

Généralement, pour se rendre du haut Orénoque aux possessions brésiliennes, on remontait le Temi, le Tuamini jusqu'à la mission de Java, établie au milieu d'un dédale de rivières; on traînait la pirogue sur terre jusqu'au Caño Pumicin qu'on descendait sans obstacle pour parvenir au

rio Negro, affluent de l'Amazone, conduisant au fortin de San Carlos. C'est la route qu'on suivait ordinairement, bien qu'on affirmât qu'il était possible d'accomplir ce voyage sans passer par des *portages*. Cette voie de communication fut découverte par le P. Roman en 1744, alors qu'il visitait les établissements de son ordre placés au-dessus des cataractes. Parvenu au confluent du Guaviare et de l'Atapabo, là où l'Orénoque prend subitement la direction du Sud au Nord, il aperçut une pirogue montée par des gens vêtus à l'européenne. Dans des solitudes où l'on se tient continuellement en garde contre l'attaque des animaux, ce que l'homme redoute le plus, ce qui éveille chez lui une forte appréhension, c'est l'apparition soudaine de son semblable. Alarmé, le missionnaire arbora la croix en signe de paix. Il venait de rencontrer des Portugais qui furent très étonnés d'apprendre que, partis de l'Amazone, ils naviguaient sur l'Orénoque, où ils étaient arrivés par le rio Cassiquiare, commun aux deux bassins. La découverte du P. Roman se répandit avec une telle rapidité que bientôt de la Condamine put l'annoncer dans une séance publique de l'Académie des Sciences.

Humboldt, après avoir passé les cataractes, se rendit à l'Amazone par les marécages et les portages. De San Carlos il revint dans le haut Orénoque en remontant le Cassiquiare. C'est la route la plus longue, la plus pénible; l'isolement absolu où l'on est plongé fait éprouver de vives sensations « en franchissant les rapides d'un cours d'eau dont les rives couvertes de forêts sans souvenir des temps passés frappent l'imagination, en rappelant, que dans cet intérieur du Nouveau-Monde, on s'accoutume presque à regarder l'homme comme n'étant pas essentiel à l'ordre de la nature. La terre est surchargée d'une végétation dont rien n'arrête le libre développement; une couche immense de terreau manifeste l'action non interrompue des forces organiques. Les crocodiles, les boas sont maîtres de la ri-

vière; le jaguar, le pécari, la danta et les singes vivent sans crainte et sans péril; ils sont établis comme dans un antique héritage. Cet aspect d'une nature animée, dans laquelle l'homme n'est rien, a quelque chose d'étonnant et de triste. On s'y fait même avec peine sur l'Océan et dans les sables de l'Afrique, quoique, dans ces lieux où rien ne rappelle nos champs, nos bois et nos ruisseaux, on soit moins étonné de la vaste solitude que l'on trouve ici dans un pays fertile, paré d'une éternelle verdure; on cherche en vain la trace de la présence de l'homme; on se croit transporté dans un monde différent de celui dans lequel on est né. Ces impressions sont d'autant plus prononcées qu'elles ont plus de durée. »

Humboldt a décrit les *Raudales*, leur situation avec la chaîne isolée de Parime, formant des digues transversales entravant le cours du grand fleuve. Rien de plus imposant que l'aspect de ces lieux. « Les *rapides*, cette suite de cataractes, cette nappe immense d'eau et de vapeurs éclairées par les rayons du Soleil couchant font croire que l'Orénoque est suspendu au-dessus de son lit [1]. »

Les missions d'Atures et de Maïpures sont sur un granite quelquefois amphibolique. Leur climat est des plus malsains, les fièvres pernicieuses y règnent pendant une partie de l'année; on les attribue à une forte chaleur, à une humidité excessive de l'air, à une mauvaise nourriture, et, d'après les indigènes, aux exhalaisons vénéneuses qui s'élèvent des roches dénudées [2]. Cette dernière assertion mérite d'autant plus d'attention qu'elle est en rapport avec un phénomène physique observé dans différentes parties du globe et qui n'a pas été suffisamment expliqué.

Entre les missions de Carichana et Santa Barbara,

---

(1) Humboldt.
(2) *Ibid.*

partout où l'Orénoque baigne périodiquement les granites, ceux-ci sont luisants, noirs; la matière colorante ne pénètre pas dans la roche : elle est généralement sur les parties quartzeuses; les cristaux de feldspath sont d'un blanc rougeâtre et en saillie sur le fond coloré. Humboldt a remarqué que les énormes masses pierreuses se présentent tantôt en rhomboïdes, tantôt en hémisphère propre aux granites séparés en blocs; elles donnent au pays un aspect lugubre, leur teinte contrastant avec celle de l'écume du fleuve qui les couvre et de la végétation qui les environne. Les Indiens disent que ces roches sont brûlées, calcinées par le soleil; on les suit jusqu'à 50 toises au-dessus du rivage, à une hauteur que les eaux n'atteignent plus, même dans les grandes crues. Comment concevoir ces changements de couleurs? Remarquons d'abord que ce phénomène n'appartient pas seulement aux cataractes de l'Orénoque : on le retrouve dans les deux hémisphères.

Lorsqu'à son retour du Mexique, en 1807, Humboldt montra les granites d'Atures et de Maïpures à de Rozière, qui venait de parcourir la vallée du Nil, les côtes de la mer Rouge et le mont Sinaï, ce savant géologue rappela que les roches primitives des petites cataractes de Syène offrent, comme les roches de l'Orénoque, une surface lustrée, gris noirâtre, presque plombée et paraissant couverte de goudron. Plus récemment, dans la malheureuse expédition du capitaine Tuckey, des naturalistes anglais ont été frappés du même aspect dans les écueils qui obstruent le cours de la rivière du Congo ou Zaïre. Le docteur Kœnig a placé, dans le Musée britannique, à côté des syénites colorées du Congo, des granites d'Atures; ces fragments, dit Kœnig, ressemblent également à des pierres météoriques. Dans les roches de l'Orénoque et de l'Afrique, l'enduit noir était composé, d'après l'analyse de Children, d'oxydes de fer et de manganèse. Près d'Atures et de Maï-

pures, sur une surface de plus d'une lieue carrée, des masses granitiques de 40 pieds à 50 pieds d'épaisseur sont uniformément recouvertes de ces oxydes.

On doit remarquer que ces colorations de roches se sont présentées jusqu'à présent dans des rivières à crues périodiques, dont la température habituelle est de 24° à 28° et qui coulent non sur des grès ou des calcaires, mais sur des granites, des gneiss ou des amphibolithes.

L'enduit noir adhérent à la surface des roches de Syène a été examiné par Berzélius; il y a constaté, comme sur les granites de l'Orénoque et du Congo, la réunion du fer et du manganèse. Ce célèbre chimiste pensait que les fleuves n'arrachent pas les oxydes au sol sur lequel ils coulent, mais qu'ils les tirent de sources souterraines et les déposent ensuite sur les roches par une sorte de cémentation, résultant d'une affinité particulière, peut-être due à l'action de l'acide carbonique sur la potasse des feldspaths.

Le dépôt noir est-il indépendant de la nature des roches? Humboldt a fait cette curieuse observation que, ni les granites éloignés du lit ancien de l'Orénoque, exposés durant la saison des pluies à des alternatives de chaleur et d'humidité, ni les mêmes granites baignés par les eaux brunâtres du rio Negro n'acquièrent la couleur des pierres météoriques; il ajoute que les Indiens prétendent que les roches ne deviennent noires que là où les eaux sont blanches.

C'est ici qu'il convient de faire ressortir cette distinction dans la teinte des rivières à laquelle les Indiens attachent de l'importance, caractère que les physiciens ont méconnu.

Dans les plaines du Meta et de l'Apure, j'ai rencontré des eaux brunes; et sur la cime de la Cordillère orientale des Andes, à l'altitude de 3000^{m}, au-dessus des importantes sources salées chaudes, exploitées près de la ville de Chita, j'ai vu, là où le grès est en relation avec le

calcaire néocomien, un lac dont la couleur foncée faisait un contraste surprenant avec la nuance azurée du ciel. Cependant, vue par transmission, l'eau était incolore, limpide.

Ces variations dans la teinte des eaux ont été observées très attentivement par Humboldt : aussi ne puis-je mieux faire que de rapporter textuellement les faits qu'il a constatés.

Arrivés vers le sud, là où commence le système des eaux brun jaunâtre qu'on appelle généralement *aguas negras* (eaux noires), à l'embouchure du rio Zama, nous entrâmes dans des rivières qui attirèrent notre attention. Le Zama, le Matareni, l'Atapabo, le Tuamini, le Temi, le Guaïnia ont des *aguas negras,* c'est-à-dire que leurs eaux vues en grandes masses paraissaient brunes comme du café, ou d'un noir verdâtre ; ce sont cependant les eaux les plus belles, les plus claires, les plus agréables au goût. J'ai déjà rappelé que les crocodiles, les mosquitos fuient assez généralement les eaux noires. Le peuple prétend en outre que ces eaux ne brunissent pas les rochers et que les rivières blanches sont les seules qui aient des bords noirs, tandis que les rivières noires ont des bords blancs. En effet, les plages du Guaïnia, que les Européens connaissent sous le nom de rio Negro, offrent fréquemment des masses de quartz sortant des granites et d'une blancheur éclatante. Examinées dans un verre, les eaux du Matareni sont assez blanches, celles de l'Atapabo conservent une teinte brun jaunâtre; lorsqu'un petit souffle de vent agite la surface de ces rivières noires, elles paraissent d'un beau vert de pré, comme les lacs de la Suisse. Dans l'ombre, le Zama, l'Atapabo et le Guainia sont noirs comme du marc de café. Ces phémonènes sont si frappants, que partout les Indiens distinguent les eaux en noires et en blanches.

La couleur des eaux de source, des rivières et des lacs est au nombre des problèmes de Physique qu'il est difficile, sinon impossible de résoudre par des expériences directes. Les teintes de la lumière réfléchie sont généralement très différentes de celles de la lumière transmise : elles le sont surtout lorsque

la transmission se fait par une grande portion de liquide. S'il n'y avait pas absorption de rayons, la lumière transmise aurait constamment une couleur qui serait complémentaire de la lumière réfléchie, et, en général, on juge mal de la lumière transmise en remplissant d'eau un verre peu profond et à ouverture étroite. Dans une rivière, la lumière colorée réfléchie nous vient toujours des couches inférieures du liquide, non de la couche supérieure. En consultant les géographes de l'antiquité, nous voyons que les Grecs étaient déjà frappés des eaux bleues des Thermopyles, des eaux rouges de Jappée et des eaux noires des bains chauds d'Astz, vis-à-vis de Lesbos. Plusieurs lacs de la Savoie et du Pérou ont des teintes brunâtres, presque noires.

Dans le vaste système de rivières que nous avons parcouru, les eaux noires sont principalement restreintes à la bande équatoriale. On commence à les trouver vers le 5e degré de latitude Nord ; elles abondent jusqu'au delà de l'équateur, vers le deuxième degré de latitude australe; mais dans cet intervalle les eaux noires et blanches sont si extraordinairement mêlées dans les forêts et les savanes, que l'on ne sait à quelle cause on doit attribuer leur coloration. Le Cassiquiare, qui se jette dans le rio Negro, a les eaux blanches, comme l'Orénoque dont il sort. De deux affluents du Cassiquiare qui sont très rapprochés, le Siapa et le Pacimony, l'un est blanc, l'autre est noir.

Dans les missions d'Atures et de Maïpures, on assure que l'insalubrité est la conséquence de la proximité des roches nues, surtout des roches granitiques dont la surface est noire. Sous la zone équatoriale, remarque Humboldt, plus encore que sous l'autre zone, le peuple multiplie à son gré les causes pathologiques; on y craint de dormir en plein air dès qu'on est exposé aux rayons de la Lune. A l'Orénoque on pense qu'il est dangereux de se coucher sur des granits voisins du fleuve et l'on cite beaucoup d'exemples de personnes qui, après avoir passé la nuit sur des roches noires, se sont réveillées le matin dans un fort accès de fièvre. A Carichana on voulait déplacer le village simplement pour l'éloigner des rochers noircis, où, sur un

espace de plus de 1000 toises carrées, des bancs de granite nu forment la surface du sol.

Il est probablement dangereux de coucher sur les *laxas negras* (pierres noires), parce qu'elles conservent durant la nuit une température très élevée que Humboldt a trouvée être : le jour de 48°, l'air étant à l'ombre à 29°,7. Pendant la nuit, le thermomètre appuyé au rocher marquait 36°, l'air étant à 26°. Lorsque, vers 3^{h} de l'après-midi, on se promène à Carichana, à Atures, à Maïpures, au milieu de ces blocs de roches dépourvues de terre végétale et entassées à de grandes hauteurs, on est suffoqué comme si l'on se trouvait devant une fournaise. Les vents, si jamais on les sent dans ces contrées boisées, loin de porter la fraîcheur, paraissent plus embrasés lorsqu'ils passent sur des lits de pierres et de boules de granites amoncelés. Cette augmentation de chaleur ajoute à l'insalubrité du climat.

On a vu que Berzélius attribuait le dépôt noir de la superficie des roches, non pas à un sédiment, mais à un produit dont les sources minérales seraient le véhicule, parce qu'elles tiendraient en dissolution des carbonates qui se précipiteraient, lorsque, par l'agitation, le gaz acide carbonique se dégagerait; les protoxydes de manganèse et de fer des carbonates dissous passeraient, par l'effet de l'oxygène de l'atmosphère, à un degré d'oxydation supérieur et se déposeraient sur les roches émergées. Ici se présente une question : les eaux thermales renferment-elles du carbonate de manganèse?

Bergmann est, je crois, le premier qui en ait signalé la présence dans des eaux minérales; plus tard, Berzélius en a rencontré dans les bains chauds de Carlsbad. Dans 1000 parties d'eau il a trouvé :

	Carbonate de manganèse.
Source de Trinkquelle...........	0,007
» Badelquelle......... ..	0,007
» Schiersauerling........	0,003

Les sources chaudes de Carlsbad, dont la température est de 50° à 74°, déposent des concrétions calcaires fibreuses en couches de 1 à 2 pieds d'épaisseur d'un blanc d'albâtre, sillonnées de bandes brunes portant sur quelques points une substance noire, luisante.

M. Tresch a aussi indiqué le manganèse dans l'eau de Buxton.

Dans les Andes j'ai rencontré une source contenant ce métal en proportions relativement fortes et formant des dépôts rappelant, par l'enduit noir qui les couvre, ce qu'on voit sur les granites des cataractes de l'Orénoque : c'est dans la province de Popayan, près du village de Combalo, à la base du volcan actif de Puracé. La source de Coconuco est dans un site des plus pittoresques, à l'altitude de 2500^{m}, dominant les vallées brûlantes de Cauca. On aperçoit les neiges éternelles de Puracé et du Huila; l'eau sort avec impétuosité et en très grande abondance d'un amas de blocs de trachyte émettant du gaz acide carbonique et du gaz sulfhydrique en telle quantité qu'elle semble être en pleine ébullition; sa température est de 73°. L'amas de roches d'où surgit la source est cimenté et recouvert par une masse calcaire dont l'intérieur est blanc, translucide, ayant sur certains points une structure fibreuse; mais ce que présente de curieux cette concrétion, c'est que sa surface est noire, luisante, à reflets métalliques.

Si l'on en chauffe au chalumeau un fragment pris à l'intérieur de la masse, il devient noir.

L'eau thermale refroidie n'a plus l'odeur hépatique; après une ébullition expulsant le gaz acide carbonique, il se dépose un faible précipité de carbonate de chaux et de carbonate de manganèse, qui prend une teinte brune par l'exposition à l'air.

1^{lit} d'eau de Coconuco, analysée dans le village indien de Puracé, a donné, abstraction faite des gaz que je ne pouvais pas recueillir :

	gr
Sulfate de soude	3,89
Chlorure de sodium	2,75
Bicarbonate de soude	0,69
Carbonate de chaux / Carbonate de manganèse	0,10
Silice	traces
	7,43

Cette composition et le dépôt résultant de l'expulsion de l'acide carbonique expliquent l'origine de l'abondante concrétion recouvrant les roches et dans laquelle j'ai dosé :

Carbonate de chaux	74,2
Carbonate de manganèse	21,0
Carbonate de magnésie	4,0
Sulfate de soude et chlorure de sodium	1,0
	100,2

C'est une véritable dolomie où le carbonate de manganèse remplace le carbonate de magnésie; quant à la pellicule noire, luisante, à reflets métalliques, étendue à la surface de la concrétion, elle est due, à n'en pas douter, à la suroxydation du protoxyde de carbonate de manganèse par son contact avec l'air. On sait, en effet, que, dans certaines conditions, ce carbonate est décomposé en présence de l'oxygène, son oxyde blanc devenant un oxyde noir.

On ne saurait nier, je crois, l'analogie existant entre la coloration de l'extérieur de la concrétion dolomitique et celle des granites des cataractes de l'Orénoque. Dans les deux cas, c'est une oxydation superficielle. C'est pourquoi, à Coconuco, le carbonate de manganèse n'est pas altéré dans l'intérieur du dépôt de dolomie.

L'eau des rivières renferme souvent des traces de manganèse qu'on décèle par l'action de la pile, ce métal se déposant à l'état de bioxyde sur le pôle positif; une teinte

brune recouvre alors l'électrode de platine. C'est ce qui a lieu avec des eaux de source sortant du grès rouge, du grès bigarré et dans des eaux du Rhin.

La mer contient aussi du mangansèe. On a eu l'occasion de le constater en examinant de la magnésie obtenue par un ingénieux procédé imaginé par M. Schlœsing, consistant dans le traitement de l'eau salée par la chaux. Ajoutons que M. Dieulafait en a trouvé en quantité notable dans les cendres des fucus, varechs, sargasses, etc., et que la présence de ce métal vient d'être mise en évidence par les belles recherches sur la constitution du fond des mers entreprises par les naturalistes anglais dont M. Laugel a résumé les travaux avec une grande lucidité dans une Notice que je reproduis.

En 1871, le Dr Carpenter proposa à l'amirauté d'organiser une expédition pour l'exploration du fond de la mer dans les trois océans : Atlantique, Pacifique et Austral, pour compléter les travaux qu'il avait lui-même entrepris dans une partie de l'Atlantique et dans la Méditerranée. Le vaisseau le *Challenger* fut équipé et mis sous le commandement de Sir Georges Nares. La partie scientifique de l'expédition fut confiée au professeur Wyville Thomson.

Le *Challenger* quitta l'Angleterre le 7 décembre 1872 et n'y revint que le 24 mai 1876, après avoir parcouru environ 70000 milles nautiques. Son itinéraire fut, pour diverses raisons, extrêmement compliqué. Le navire traversa trois fois d'abord l'Atlantique des Bermudes à Halifax pour étudier le gulf-stream. Du cap de Bonne-Espérance on alla aux îles de Kerguelen, puis vers les glaces antarctiques, et de là dans les mers australiennes. Les études continuèrent dans l'océan Pacifique, l'archipel de la Malaisie, la Nouvelle-Guinée, le Japon ; c'est entre la Nouvelle-Guinée et le Japon qu'on trouva la profondeur maximum de 4475 brasses ou 8710m environ, la plus grande qu'on ait déterminée dans de bonnes conditions d'observation. Du Japon, le *Challenger* alla aux îles Sandwich, à Taïti, à Valparaiso, au

cap Horn, aux îles Falkland, à Montevideo, à Madère, et retourna ensuite en Angleterre.

Le nombre des stations fut de 362 ; à chacune on faisait un sondage, on notait la température du fond de la mer et on ramenait un échantillon d'eau de ce fond pour l'analyser chimiquement et physiquement; enfin on faisait une prise des substances qui composaient le lit de la mer en cet endroit. Je ne parle pas d'autres observations accessoires, des observations de température à des profondeurs diverses, des observations variables relatives à la faune marine, des observations relatives aux courants de surface ou aux courants profonds.

Les collections rapportées par le *Challenger* sont considérables.

M. Carpenter a dès à présent cherché à donner une idée générale des résultats de l'expédition. Au point de vue hydrographique d'abord, il est aujourd'hui reconnu : 1° que le fond de la mer s'incline très graduellement à partir de la côte irlandaise, dans la direction de l'ouest, sur une étendue de plus de 1000 milles; 2° qu'à partir de la ligne de 100 brasses le fond descend très rapidement, si rapidement que, très peu plus loin, on trouve déjà des profondeurs de 1200 à 1300 brasses; 3° qu'à partir de la ligne de 2000 brasses, le fond redevient très uni; il forme alors une sorte d'immense plaine légèrement ondulée où les inclinaisons sont des plus faibles.

Du côté de l'Amérique, où les observations ont été faites avec beaucoup de soin par le navire américain *Tuscarora* et le navire allemand *Gazelle*, les mêmes variations ont été observées. Là aussi, on a d'abord un plan fortement incliné qui aboutit rapidement à la grande plaine qu'on pourrait appeler la plaine Sous-Atlantique. Si un soulèvement amenait à la lumière cette plaine, couverte aujourd'hui par l'Atlantique, elle ressemblerait aux prairies de l'Amérique du Nord ou aux pampas de l'Amérique du Sud.

Il faut donc cesser de parler de bassins quand on parle de nos océans, et se bien figurer que les mers n'ont point du tout souterrainement la forme d'immenses cuvettes. D'un autre côté, il faut comprendre que la forme des parties vraiment océaniques

ou profondes de la mer est très différente de la forme des mers basses qui baignent les côtes.

Ainsi, il ne faudrait qu'un soulèvement de 100 brasses pour réunir l'Angleterre au Danemark, à la Hollande, à la Belgique, à la France, à l'Irlande, aux îles Hébrides, aux îles Shetland et Orkney. Le véritable océan, l'océan profond, ne commence environ qu'à 100 milles à l'ouest de Golway, et du côté des Hébrides qu'au delà de Saint-Kilda. Le soulèvement de 100 brasses mettrait à sec une partie considérable du golfe de Gascogne. Les vagues, qui, poussées par le vent d'ouest et de sud-ouest, traversent l'Atlantique, deviennent furieuses en arrivant sur les côtes d'Irlande ou dans la baie de Biscaye.

D'une façon générale, on peut dire que les grandes plateformes continentales s'élèvent d'une façon très abrupte sur les bords des vraies dépressions océaniques. Il faut donc se figurer, en ne tenant pas compte des systèmes de montagnes, la surface terrestre comme formée d'immenses plateaux, les uns inondés, les autres à sec, et ces plateaux comme rattachés les uns aux autres par des talus assez raides. Des soulèvements, pareils à celui dont j'ai parlé, uniraient au continent asiatique les îles de la Malaisie; toute la partie terrestre qui s'étend du sud-est de l'Asie au sud de l'Australie est un immense plateau en partie submergé, dans lequel se trouve seulement une profonde fissure qui sépare la province indo-malaise de la province papuo-australienne; cette fissure est comparable à celle de la Méditerranée, qui sépare l'Europe de l'Afrique.

On peut estimer aujourd'hui la proportion entre la surface des terres et la surface des mers sur le globe à environ 4 et 11; de telle sorte que si le globe était divisé en quinze parts, la terre en occuperait quatre seulement, soit un peu plus d'un quart. La hauteur moyenne des terres au-dessus de la surface des mers ne dépasse pas en moyenne 330^{m}; car, si l'altitude de l'Asie et de l'Afrique est un peu plus élevée, celles des deux Amériques, de l'Europe et de l'Australie est un peu plus faible. Pour la profondeur moyenne des mers on peut l'estimer environ à 4300^{m}. Ainsi, cette profondeur est à peu près treize fois plus grande que la hauteur moyenne des continents; de là on peut conclure que

le volume total des mers est environ trente-six fois plus grand que celui des terres émergées.

L'hypothèse de la permanence générale des grandes divisions de la croûte terrestre en plateaux continentaux et en plateaux sous-marins est fortifiée par l'étude des dépôts qui se forment aujourd'hui dans le lit des océans. Ces dépôts sont constitués par la désintégration des masses terrestres actuelles; ils se ftouvent surtout dans les eaux relativement basses, voisines de ces masses ; l'absence presque absolue de sable siliceux doit y être remarquée. On ne trouve au fond de l'océan Atlantique du sable siliceux qu'aux approches de l'Afrique ; il a été porté dans la mer par les vents, et l'on en voit tomber sur le pont des vaisseaux à une très grande distance des côtes.

Le *Challenger* rencontra fréquemment au fond de la mer des dépôts d'origine volcanique, surtout de l'argile rouge; on ne peut avoir de doute sur l'origine de cette argile, quand on la trouve associée avec des fragments de pierre ponce. La pierre ponce contient, on le sait, les éléments de l'argile, qui n'est autre chose qu'un silicate d'alumine. Tous ces dépôts ont été trouvés surtout aux environs des grands centres volcaniques, tels que les Açores et les Philippines.

On a signalé, avec les dépôts d'argile, des dépôts très singuliers de manganèse, qui parfois incrustent des coraux, mais qui forment d'ordinaire des concrétions et des nodules de grandeur très variable, renfermant parfois à leur centre des débris organiques, dents de poissons ou autres. Un des observateurs du *Challenger*, lord George Campbell, écrit à ce sujet dans ses notes : « Dans certaines régions, tout le fond et tous les objets du fond semblent recouverts et imprégnés de cette substance. Des dents de poisson de toute grandeur se trouvent fréquemment et sont enveloppées de manganèse en couches concentriques qui ont jusqu'à un pied d'épaisseur. On a trouvé comme noyaux de ces nodules des éponges siliceuses, des débris de pierre ponce, des radiolaires, des globigérines, des morceaux d'argile... Ces dents de poisson sont toutes des dents fossiles, les mêmes qui se trouvent fréquemment dans le terrain tertiaire, particulièrement dans les dépôts suisses miocènes. »

« Le manganèse a ici apparemment une origine volcanique ; partout où l'on trouve de la pierre ponce avec de l'olivine, de l'augite, de la hornblende, dans un état avancé de décomposition, on le rencontre. Dans les argiles, un observateur anglais a découvert des granules sphériques et microscopiques très nombreux de fer natif. On est allé jusqu'à imaginer que ce fer était météorique : nous sommes beaucoup plus porté à croire qu'il est volcanique. On sait aujourd'hui que le fer natif est associé à certaines roches ignées du nord de l'Europe. »

L'expédition du *Challenger* a fourni de nombreux documents qui serviront à éclaircir l'histoire des foraminifères, des diatomacées, des radiolaires. Nous insisterons sur ce fait important que tous les sables, toutes les argiles, tous les sédiments formés des débris des falaises et des matériaux transportés par les fleuves n'arrivent jamais à une très grande distance; ils sont tenus quelque temps en suspension, mais ils se déposent longtemps avant d'arriver aux parties vraiment océaniques des mers; les régions qui forment les plateaux profonds ne reçoivent pas grand'chose des grands plateaux continentaux.

Le professeur Geikie disait récemment que : « depuis les temps géologiques les plus anciens, la grande zone des dépôts a été, comme elle l'est encore aujourd'hui, la ceinture marginale du lit de la mer qui borne les terres. C'est là que la nature a toujours semé la poussière des continents à venir. La ruine des roches anciennes se fait incessamment sur la terre et la formation de nouvelles roches a continué incessamment sous les mers voisines. Les deux phénomènes sont les deux côtés complémentaires du même phénomène qui se produit dans les parties terrestres et les parties de la mer peu profondes, et non dans les grands et larges bassins océaniques. »

« L'étude de ce que l'on peut appeler la stratification thermale dans la mer a beaucoup occupé les observateurs

du *Challenger*. Des thermomètres étaient descendus à des profondeurs diverses depuis 10 brasses jusqu'à 200 brasses. On a vérifié que c'est dans la couche supérieure de 200 brasses que l'abaissement de température est le plus rapide; cet abaissement devient ensuite moindre, et, après la profondeur de 1500 brasses, il n'y a plus aucun changement.

» Les températures basses du fond ne sont point dues, comme on l'a cru longtemps, à des courants inférieurs dits *courants polaires*, auxquels seraient superposés des courants de surface équatoriaux : dans tout l'Océan, sauf dans l'océan Atlantique du nord, qui sous ce rapport est exceptionnel, la température s'abaisse dans les profondeurs jusqu'à un point peu éloigné de zéro, et la couche la plus profonde est même quelquefois à 1° ou 2° au-dessous de zéro; l'influence des rayons du Soleil est toute superficielle.

» Dans l'océan Atlantique du Sud, où l'on a pris des observations de profondeur à la latitude de 37° (2900 brasses), on a trouvé un fond tout à fait glaciaire, une couche d'eau de 1000 brasses d'épaisseur, qui est au-dessous de zéro. »

Je mentionnerai maintenant la recherche faite sur la présence et la constitution du composé manganésifère dans les matières retirées par les sondages durant l'expédition du *Challenger*.

M. Gümbel s'est demandé si dans ces dépôts venant du fond des Océans, ainsi que dans les millépores, les incrustations d'oxyde ne résultaient pas de la concentration de substances minérales opérées par des végétaux, par des êtres vivants; or, en les examinant au microscope, après les avoir réduits en plaques minces, il n'y a reconnu aucun indice de structure organique; de plus, il a vu qu'il en était de même dans les squelettes laissés par l'acide chlorhydrique. Les nodules ont l'apparence de l'oolithe,

et, fréquemment, ils ont pour point central un grain d'argile rouge entouré de couches alternatives d'oxyde de manganèse. On observe, en outre, dans le noyau, de l'anorthose, du fer oxydulé, de l'hornblende. Dans un des nodules M. Schwager a trouvé, pour 100 :

Bioxyde de manganèse....	23,6
Oxyde de fer	27,4
Silice	16,0
Alumine................	10,7

M. Gümbel attribue la formation des nodules à des sources minérales surgissant au fond des mers et tenant en dissolution, par la présence de l'acide carbonique, des carbonates terreux et métalliques. Cette hypothèse expliquerait leur apparition dans les régions volcaniques sous-marines; leur présence a un intérêt géologique, parce qu'elle permet de concevoir comment les concrétions de manganèse se présentent dans certaines formations sédimentaires ([1]).

M. Buchanan a étudié les nodules manganésifères du fond de l'océan Pacifique; les tubes d'annélides (*worms-tubes*) retirés du fjord de Fine (*loch Fine*), et aussi la constitution de la vase dans laquelle ils sont disséminés.

Un échantillon du loch Fine renfermait 30 pour 100 de nodules, dont le poids moyen était $1^{gr},7$. Des cailloux qui les accompagnaient étaient la preuve que ces nodules occupaient sous les eaux la place où ils avaient été formés; quoiqu'il se rencontre seulement dans quelques localités, le manganèse accompagne fréquemment les coquilles et les worms-tubes. Les nodules ont un noyau mou, plus riche en manganèse que leur enveloppe; ils renferment 16 à 30 pour 100 de matières insolubles dans les acides faibles; M. Buchanan voit leur origine dans l'intervention

([1]) Gümbel, *Jahrb. für Mineral.*, 1878, 1870.

de substances animales qui changeraient en sulfure les sulfates de l'eau de mer.

Selon M. Gümbel les concrétions manganésifères proviendraient de sources sous-marines, émergeant d'un sol volcanique. Il faut reconnaître sans doute que cette opinion aurait en sa faveur les faits observés dans les eaux thermales d'une constitution analogue à celles de Coconuco, où une pellicule de bioxyde d'un noir foncé adhère sur une dolomie; mais elle est insuffisante pour expliquer comment l'enduit métallique apparaît sur des galets de quartz, sur des granites.

Il est vraisemblable que là où se montre l'enduit noir de bioxyde ou de sesquioxyde sur les corps submergés, sur les roches exposées alternativement à l'eau d'un fleuve et à l'atmosphère, le dissolvant des carbonates terreux et métalliques, le gaz acide carbonique, a été expulsé par l'agitation, la dessiccation, et que les sels de fer et de manganèse, une fois isolés, sont modifiés dans leur constitution, produisant, par l'action de l'air, du sesquioxyde rouge de fer et de l'oxyde manganique noir.

L'acide carbonique serait ainsi le véhicule des carbonates.

Examinons donc quelle est la solubilité de ce gaz dans diverses conditions.

1^{vol} d'eau exposé à l'atmosphère dissout, à une même température, chacun des gaz contenus dans l'air en quantité proportionnelle à la pression qu'ils exercent sur le liquide.

L'air étant formé de $\frac{1}{5}$ d'oxygène et de $\frac{4}{5}$ d'azote, 1^{lit} d'eau dissoudra par conséquent :

	Volume.
Oxygène	34
Azote	66

C'est précisément le rapport trouvé dans ces gaz extraits de l'eau pure après exposition à l'air, comme l'ont établi

Gay-Lussac et de Humboldt dans leurs remarquables recherches eudiométriques; toutefois, dans l'atmosphère, il y a du gaz acide carbonique, $\frac{3}{10000}$ environ; l'eau pure en relation avec l'air doit donc en contenir et en contient en effet une bien faible proportion, si l'on considère combien est minime la pression partielle de ce gaz; 1^{lit} d'eau n'en renfermera que, $0^{cc},41$: en poids, $0^{mgr},81$.

C'est une quantité encore plus réduite de gaz acide carbonique qu'on rencontre dans l'eau pure ou presque pure lorsque la température est supérieure à 0°. Dans l'eau des sources, des fleuves, de la mer, la proportion du gaz est plus forte : cela tient à certaines conditions, mais dans les eaux recueillies à de grandes hauteurs, dans la pluie, la teneur en acide carbonique ne diffère pas sensiblement de celle déduite de la faible pression partielle exercée par ce gaz. C'est ce qui ressort d'études faites dans les montagnes très élevées au-dessus de l'Océan.

Cordillère orientale des Andes.

Village de la Baja; altitude 3500^{m}, dans 1^{lit} d'eau d'un torrent coulant sur la syénite :

Acide carbonique ramené à 0° et pression $0^{m},760$: $2^{cc},3$, en poids $4^{mgr},53$.

Bogotá. — Altitude 2640^{m}. Torrent de San Francisco, coulant sur le grès :

Dans 1^{lit} d'eau : acide carbonique, $0^{cc},7$; en poids, $1^{mgr},39$.

Bogotá. — Dans 1^{lit} d'eau de pluie : acide carbonique, $0^{cc},27$; en poids, $0^{mgr},40$.

Équateur, Quito. — Altitude, 2900^{m}; terrain de trachyte.

Dans 1^{lit} d'eau, fontaine de la Plaza Mayor :

Acide carbonique, $1^{cc},0$; en poids, $1^{mgr},98$.

Dans 1^{lit} d'eau du couvent de San Francisco :

Acide carbonique, $1^{cc},1$; en poids, $2^{mgr},1$.

Volcan de Guagua Pichincha. — Ruisseau coulant sur le trachite. Altitude 4500^{m}.

Dans 1^{lit} d'eau, acide carbonique, $1^{cc},0$; en poids, $1^{mgr},98$.

Ces proportions minimes d'acide carbonique sont évidemment la conséquence de la pureté des eaux et de la faible pression partielle exercée par le gaz mélangé à l'air; on les voit augmenter notablement même aux stations élevées, dans les sources et les rivières. Ainsi à Bogotá, l'eau surgissant du sol contenait par litre : acide carbonique, 13^{cc}; en poids, $26^{mgr},35$. Dans l'eau de la laguna de Fontibon on a dosé dans 1^{lit} : acide carbonique, $7^{cc},5$; en poids, $14^{mgr},8$.

La quantité de cet acide est généralement plus forte dans l'eau des fleuves. Henri Sainte-Claire Deville, dans son travail classique sur les eaux potables, a indiqué dans 1^{lit} (acide carbonique mesuré à 0° et pression $0^{m},760$) :

	Gaz.	Poids.
	cc	mgr
Garonne......	17,0	33,7
Rhin.........	7,7	15,2
Rhône	7,9	15,6
Doubs........	17,8	35,2

C'est cette dose d'acide qui communique à ces eaux la propriété de dissoudre des carbonates terreux, constituant alors des composés dont la nature ne peut être exprimée par une formule, si ce n'est en supposant l'existence de bicarbonates analogues aux bicarbonates de potasse et de soude. En soumettant à une ébullition prolongée les eaux tenant en dissolution ces carbonates, l'acide carbonique libre comme celui qui entre dans les bicarbonates est éliminé. C'est par une seconde ébullition après l'addition d'un acide fixe qu'on dégage l'acide carbonique des carbonates neutres.

La mer renferme nécessairement les gaz de l'atmosphère. Dans un litre d'eau de la Manche, M. Schlœsing a constamment trouvé $98^{mgr},3$ d'acide carbonique, engagé pour la majeure partie dans les carbonates.

L'air n'ayant pas au delà de $\frac{3}{10000}$ de son volume en acide carbonique, ce gaz, en raison de sa faible pression partielle, n'entre que pour $0^{cc},3$, soit $0^{mgr},55$ dans un litre d'eau. C'est de l'acide libre, non combiné. En le soustrayant de la totalité du gaz dosé, il reste $97^{mgr},75$ d'acide carbonique appartenant aux carbonates, très vraisemblablement des carbonates calcaires.

Dans cette supposition, les quantités de chaux prises par l'acide seraient ainsi réparties :

	Acide carbonique.	Chaux.
	mg	mgr
Pour former $CaO,2(CO^2)$	97,75	62,2
Pour former CaO, CO^2, la moitié	48,87	62,2
Différence.....	48,88	

Ajoutant à cette différence les $0^{mgr},55$ d'acide libre, on aura $49^{mgr},43$ pour l'acide carbonique n'entrant pas dans le carbonate de chaux CaO,CO^2, mais pouvant contribuer à la formation du bicarbonate $CaO,2(CO^2)$ et que l'on extrait par l'ébullition. Le nombre $49^{mgr},43$ est assez rapproché de ceux trouvés par M. Buchanan, dans un litre d'eau puisé dans l'Océan, à des profondeurs diverses, durant la campagne du *Challenger*, résultats d'un haut intérêt qu'on a réunis dans un tableau ([1]).

Dates. 1873.	Latitude.	Profondeur de l'échantillon en brasses.	Température de la profondeur en degrés centigrades.	Grammes de CO^2 dans 1^{lit} d'eau.
Févr. 28.....	23°.10' N	2720	2°,0	0,04
Mars 26....	19.41	3875	»	0,057
» 27.....	21.26	Surface	25,2	0,046
» 28.....	22.49	2960	1,50	0,053

([1]) *Voyage du* Challenger, t. II, p. 384.

Dates. 1873.		Latitude.	Profondeur de l'échantillon en brasses.	Température de la profondeur en degrés centigrades.	Grammes de CO^2 dans 1^lit d'eau.
		° ′		°	
»	29.....	24.39	2850	1,67	0,052
»	31.....	27.49	Surface	»	0,048
Mai	26.....	36.30	2650	1,8	0,064
»	27.....	34.50	Surface	21,7	0,045
Juin	14.....	32.54	Surface	23,3	0,0415
»	»	»	2360	1,7	0,0472
»	16.....	34.28	2575	1,5	0,05
»	23.....	37.54	Surface	21,1	0,0529
»	24.....	38.3	2175	»	0,0536
»	27.....	38.18	1675	2,3	0,0592
»	30.....	38.30	1000	3,7	0,0446
Août	16.....	7.1	Surface	26,1	0,0432
»	18.....	6.11	Surface	26,0	0,0382
»	19.....	5.48	Surface	26,2	0,0455
»	20.....	4.29	Surface	26,2	0,043
»	21.....	3.8	300	45,3	0,0536
»	25.....	1.47	Surface	26,0	0,0426
»	26.....	1.47	50	»	0,0533
Sept.	27.....	14.51 S	Surface	25,3	0,0330
»	30.....	20.13	100	17,3	0,0360
Oct.	1.....	22.15	Surface	22,8	0,0531
»	2.....	24.43	Surface	21,0	0,0418
»	3.....	26.15	2350	0,8	0,0491
»	4.....	27.43	Surface	19,4	0,0432
»	6.....	29.35	1000	2,5	0,0556

On peut demander pourquoi l'acide carbonique libre, l'acide non combiné aux bases, dissous dans l'eau, échappe aux effets de fortes pressions? Voici la réponse de M. Schlœsing :

« La pression que supporte l'eau ne paraît pas modifier sa faculté de dissoudre certains corps solides, fluides

ou gazeux; cela tient probablement à l'incompressibilité du liquide.

» En ce qui concerne les solides, je viens de vérifier que, dans le vide, l'eau dissout exactement la même proportion de sel marin et de nitrate de potasse que sous la pression atmosphérique.

» Tout porte à croire que les gaz sont dans le même cas, c'est-à-dire que, dans les profondeurs de la mer, l'eau n'a pas, à l'égard de l'acide carbonique non combiné, un pouvoir dissolvant plus grand qu'à la surface. »

La mer, les fleuves contiennent donc de l'acide carbonique favorisant la dissolution des carbonates insolubles. Lorsque, par une circonstance quelconque, ce gaz est expulsé, les sels sont précipités; les carbonates de protoxyde de fer et de protoxyde de manganèse une fois en contact, soit avec l'oxygène de l'air, soit avec l'oxygène dissous dans l'eau, sont modifiés dans leur constitution par la suroxydation de leurs bases; le carbonate de fer produit un sesquioxyde rouge; le carbonate de manganèse un bioxyde noir ou un sesquioxyde.

C'est probablement à cette expulsion de l'acide carbonique que les granites de l'Orénoque, les syénites des bords de la mer Rouge, les roches cristallines du Congo, les assises calcaires ou dolomitiques des sources thermales, les concrétions formées dans les profondeurs de l'Océan, doivent, dans quelques circonstances, l'enduit de manganèse qui recouvre leur surface.

LE CACAO ET LE CHOCOLAT.

Le cacaoyer existe dans les régions chaudes de l'Amérique, mais, lors de la conquête, on le cultivait seulement au Mexique, dans le Guatemala, le Nicaragua, là où les habitants étaient d'origine toltèque et aztèque. C'est de ces localités que, sous le règne de Montezuma, les Espagnols transportèrent cet arbre, d'abord aux Canaries, aux Philippines, ensuite sur le littoral du Venezuela et dans les Antilles. On préparait, avec les grains du fruit réduits en pâte, une boisson, le *chocolatl,* dont l'usage était général.

C'est un fait bien connu des planteurs, qu'il faut, autant que possible, établir une cacaoyère sur un terrain vierge; on a eu souvent des mécomptes en agissant autrement. Le cacaoyer exige un sol riche, profond, humide, de la chaleur. Rien ne convient mieux qu'une forêt défrichée, ayant une pente permettant l'irrigation. Aussi, toutes les plantations importantes offrent un aspect commun; on les rencontre dans les régions chaudes, abritées, à peu de distance de la mer ou près d'un torrent, sur les bords des fleuves. La culture du cacaoyer cesse d'être avantageuse à une température moyenne et constante de 24°. J'ai eu l'occasion de constater les résultats les plus défavorables à la base du Quindiu, dans une zone où le thermomètre, enfoncé dans la couche de température invariable, marquait 22°,8. L'arbre, en quelques années, avait une assez belle apparence, mais les fruits, peu développés, atteignaient rarement la maturité.

Lorsqu'un terrain est jugé propre à la culture, on commence par réserver ou par assurer un système d'om-

brage. A cet effet, si l'on défriche, on laisse debout quelques arbres feuillés, ou bien on plante des essences d'une croissance rapide, par exemple le bucare (*Erythrina umbrosa*), le bananier assez fréquemment : ces deux moyens d'abriter les jeunes pousses sont adoptés.

Au sud de l'Équateur, dans la province de Guayaquil, on procède directement à la plantation des graines, tandis que dans le Venezuela on les fait pousser dans des pépinières placées en un sol bien ameubli, présentant une série de petites buttes, dont les sommets sont élevés de $0^{m},20$ à $0^{m},25$, et dans chacune desquelles on dépose trois graines fraîches à une petite profondeur. Les semailles sont recouvertes de feuilles de bananier. Les graines sont mises en terre à une époque où l'on prévoit l'arrivée des pluies; s'il ne pleut pas, on arrose le matin au lever du soleil. La graine germe en huit ou dix jours. A l'âge de deux ans, le cacaoyer s'élève à environ 1^{m}; c'est alors qu'on l'écime en retranchant deux des branches supérieures.

Dans la vallée du rio Magdalena, où il y a d'importantes cacaoyères, les semis se font dans un terrain abrité par des feuilles de palmier. On transplante les plants lorsqu'ils ont six mois; aussi, dans une pépinière couverte, les arrose-t-on une fois par semaine, en versant de l'eau sur la toiture.

Le cacaoyer ne fleurit que bien rarement avant qu'il ait trente mois. Des planteurs détruisent ces premières fleurs, afin de ne laisser venir des fruits que dans la quatrième année, et cela dans les conditions climatériques les plus favorables, là où la chaleur moyenne est de 27° à 28°; dans les situations moins favorables, c'est-à-dire plus tempérées, il se passe souvent six années avant d'avoir les prémices d'un cacaoyer.

Il est peu de plantes dont la fleur soit aussi petite, et surtout aussi disproportionnée au volume du fruit.

Un bouton, que j'ai mesuré lors de son épanouissement, ne dépassait pas une hauteur de $0^{m},004$; la corolle, de couleur de chair, portait dix follioles entourant cinq étamines d'un blanc d'argent. Les fleurs n'apparaissent pas isolément, mais en bouquets, sur le tronc à toute élévation, sur les branches mères; on en voit même sur les racines ligneuses rampant à la surface du sol.

Pour recevoir les plants élevés en pépinière, le terrain, convenablement ombragé par des bucares, par des bananiers, est d'abord débarrassé des mauvaises herbes. Des rigoles sont pratiquées pour faciliter l'écoulement des eaux.

Les plants sont alignés en allées dont la distance est variable, selon la nature du terrain, et, à ce sujet, il y a cette opinion admise par les planteurs, que dans les sols excellents l'espace laissé entre les arbres doit être plus grand que dans les sols de qualité inférieure. Ainsi, dans la vallée del Tuy, près Puerto Cabello, les cacaoyers sont à 5^{m} de distance sur les meilleures terres et à 4^{m} au plus sur les terres de moindre valeur. Aux Antilles, généralement moins fertiles que la *tierra firma,* on espace à 2^{m} ou 3^{m}; la raison de ces dispositions est dans le plus ou moins de développement que l'arbre prendra; dans un terrain fertile, ses branches s'étendront davantage; or il est peu de végétaux plus touffus; les feuilles ont de $0^{m},22$ à $0^{m},24$ de long et une largeur de $0^{m},05$ à $0^{m},06$.

Une fois le plant en croissance, on s'oppose, par l'élagage, à ce qu'il devienne trop branchu. Il arrive aussi que les branches tendent à s'abaisser : on les lie alors en faisceau autour du tronc, jusqu'à ce qu'elles aient repris la direction ascendante.

De la chute des fleurs à la maturité il s'écoule à peu près quatre mois. Le fruit ou cabosse, allongé, légèrement courbé, est divisé en cinq lobes; sa longueur approche de $0^{m},25$; son plus grand diamètre près du point

d'attache est de $0^{m},08$ à $0^{m},10$; il pèse de 300^{gr} à 500^{gr}; sa couleur varie du blanc verdâtre au rouge violet; son péricarpe est sillonné de côtes longitudinales; à l'intérieur, la chair ou pulpe est blanche, rosée, aigrelette; généralement elle enveloppe vingt-cinq amandes blanches, huileuses, qui, en séchant, prennent une teinte brune superficielle. On reconnaît la maturité du fruit à sa couleur et à la facilité avec laquelle on le cueille. On fait, par an, deux récoltes principales, mais dans une grande culture on cueillette tous les jours, et il n'est pas rare de voir un arbre porter à la fois des fleurs et des fruits. Après avoir rompu la gousse, on retire les graines à l'aide d'un morceau de bois arrondi à l'extrémité, puis on les expose au soleil; le soir, on les rassemble en tas sous un hangar. Il s'y manifeste bientôt une fermentation active, qui serait nuisible si on la laissait accroître, car le cacao frais amoncelé s'échauffe fortement: aussi le matin on étale les graines à l'air.

100^{kg} de semences fraîches rendent 45^{kg} à 50^{kg} de cacao sec et marchand. Dans le Venezuela, un cacaoyer ayant dépassé l'âge de sept à huit ans en fournit annuellement $0^{kg},75$. C'est lorsqu'il est parvenu à l'âge de douze ans qu'il rapporte le plus : ainsi, dans le haut Magdalena, à Gigante, d'après Goudot, un arbre rend, par an, 2^{kg} de graine.

La culture d'une cacaoyère exige un personnel peu nombreux; un homme suffit pour surveiller mille arbres. Ce qu'on redoute le plus, ce sont les intempéries subites; ainsi, par un temps favorable, si les fruits, près de la maturité, reçoivent une ondée, ils tombent, parce que leurs vaisseaux s'imbibent et se rompent en subissant une turgescence; mais la principale occupation d'un majordome, c'est de défendre la récolte contre l'attaque des animaux.

Les singes, les cerfs, et particulièrement les oiseaux, re-

cherchent les gousses avec avidité; des bandes de perroquets planent incessamment au-dessus des plantations, et l'on ne réussit à les éloigner que par un bruit intense et continu, par un roulement de tambours entretenu du matin au soir. Dans un cacagual où je séjournai, à Tucupido, près Maracay, un esclave me disait : « Heureusement que les papagallos dorment toute la nuit. »

Le genre cacaoyer (*theobroma*) appartient à la famille des *Buttnériacées :* il comprend plusieurs espèces, dont la plus importante est le *theobroma cacao,* dont les caractères varient selon la provenance. On distingue dans le commerce : le *caraque* du Venezuela; le *soconusco* de Guatemala; le *maragnan* de l'Amazone; le *cayenne,* le *guayaquil,* etc.

Le cacao est décortiqué par la torréfaction opérée à une chaleur modérée. La coque devient friable et se détache aisément; on l'enlève par un vannage. En se torréfiant, la fève acquiert, comme celle du café, une odeur due à une infime proportion d'un principe volatil : c'est l'arome qu'on perçoit dans le chocolat.

De 100 parties de semences venant de la Trinidad, nous avons eu 12 de coques.

Les fèves du cacaoyer sont riches en principes nutritifs; indépendamment d'une forte dose de matière grasse, de beurre, on y trouve des substances azotées analogues à l'albumine, à la caséine; de la théobromine; des composés à constitution ternaire; ces éléments varient nécessairement en quantité d'après l'origine. Un habile chimiste, M. L'Hôte, a fait à ce sujet d'intéressantes observations sur les coques, le beurre, les substances azotées, les matières minérales (cendres), l'eau, contenues dans des produits que M. Menier avait mis à sa disposition.

Décortication.

100 de graines ont donné :

Provenances.	Coques.
Trinité	9,88
Puerto Cabello	13,21
Carupano	14,84
Para	10,39
Venezuela	12,45
Haïti	8,93
Martinique	8,97
San Yago	14,47
Guayaquil	10,32
Maragnan	11,27
Caraque	15,85

Amande décortiquée et privée de germe.

Dans 100 parties :

Provenances.	Eau.	Beurre.	Cendres.	Azote.	Albumine calculée.
Guayaquil	6,50	40,10	3,75	2,38	14,9
Carupano	6,50	47,70	3,35	2,18	13,6
Puerto Cabello	7,00	40,36	3,75	2,18	13,6
Puerto Cabello torréfié	5,00	45,23	3,65	2,19	13,7
Haïti	6,00	42,96	2,85	2,24	14,0
Trinité	6,50	48,93	2,95	2,23	13,0
Martinique	7,50	41,20	2,75	2,25	14,5
Martinique torréfié	2,00	45,56	2,90	2,32	18,0
Para	6,20	37,13	3,15	2,09	13,1
Guayra	7,00	35,96	4,00	2,18	13,6
Guayra torréfié	4,60	49,26	3,70	2,20	14,4
Maragnan torréfié	4,20	45,80	2,75	2,22	13,7
San Yago	6,00	46,03	2,25	1,88	11,1
Caraque	4,20	51,50	4,00	2,16	13,5

L'azote dosé par M. L'Hôte appartenait à deux substances :

L'albumine, dont 100 parties en contiennent 16;

La théobromine, dont 100 parties en contiennent 31.

Les recherches sur la composition du cacao faites jusqu'à présent laissent à désirer; il est bon cependant d'en rappeler quelques-unes, bien que, aujourd'hui même, malgré les progrès de l'analyse, les résultats sont encore loin d'être satisfaisants.

D'après Payen, les cacaos mondés, mais non torréfiés, contiendraient pour 100 :

Beurre	48	à	50
Albumine	21	à	20
Théobromine	4	à	3
Amidon et glucose	11	à	10
Cellulose	3	à	2
Substances minérales	3	à	4
Eau	10	à	12
	100		100

Dans le cacao de Guayaquil, Mitscherlich a indiqué :

Beurre	45	à	49
Albumine	13	à	18
Théobromine	1,2	à	1,5
Amidon	14	à	18
Glucose	0,6		
Cellulose	6,0		
Substances minérales	3,5		
Matière colorante	3,0		
Eau	6,3		
	92,6		

Goudot a découvert, dans les forêts de Muso, une nouvelle espèce de cacaoyer qu'il a nommée *Montaraz*, portant des graines très petites, de forme tétraédrique. Le chocolat préparé avec cette fève est amer et aromatique; j'y ai rencontré un acide ayant les caractères de

l'acide tartrique. Dans le montaraz, séparé de sa coque, j'ai trouvé :

Beurre	53,3
Albumine	12,9
Théobromine	2,4
Gomme, acide tartrique	6,7
Cellulose, amidon, ligneux	9,1
Substances minérales	4,0
Eau	11,6
	100,0

Dans les substances minérales (cendres) du cacao décortiqué Letellier a dosé :

Acide carbonique	1,0
Acide phosphorique	29,6
Acide sulfurique	4,5
Chlore	0,2
Potasse	33,4
Soude	0,0
Chaux	11,0
Magnésie	17,0
Silice	3,3
Oxyde de fer	traces
	100,0

Ces analyses montrent que les principes contenus dans les graines de cacao consistent en :

Matière grasse, beurre,
Albumine,
Théobromine,
Amidon,
Glucose,
Gomme,
Cellulose,
Acide tartrique libre ou combiné,
Tannin,
Substances minérales.

On se bornera ici à rappeler les propriétés de quelques-uns de ces principes.

Matière grasse.— Ce corps, désigné en pharmacie sous le nom de *beurre,* est blanc, brillant, à cassure cireuse, fusible à 30°, solidifiable à 23°. A la lumière polarisée, il présente, sous le microscope, un assemblage de nombreux cristaux.

Suivant MM. Specht et Goessmann, il serait formé d'oléine, de palmitine et d'une très forte proportion de stéarine.

Ce beurre, quand il est pur, ne rancit pas ; il possède l'odeur du chocolat, developpée en infime proportion durant la torréfaction ; on met en évidence la présence de cet arome en distillant avec de l'eau la graine torréfiée. Cette apparition d'une huile volatile dans les conditions qu'on vient d'indiquer rappelle celle de l'arome du café développé pendant le rôtissage, où il se forme au plus $\frac{1}{10000}$ d'une essence suave, soluble dans l'eau, et d'une odeur bien caractérisée.

Pour en extraire le beurre, la graine a été broyée avec du sable de Fontainebleau, puis on a traité par du sulfure de carbone.

Théobromine. — On l'obtient en traitant le cacao par l'eau bouillante et en précipitant la solution par le sous-acétate de plomb. L'excès de plomb séparé, on évapore à siccité, puis on fait bouillir l'extrait dans l'alcool ; par le refroidissement, la théobromine se dépose en une poudre cristalline ; cette substance, peu soluble dans l'eau, dans l'alcool, dans l'éther, a une grande affinité pour le tannin : c'est ce qui rend son dosage difficile ; les chiffres adoptés doivent être considérés comme approximatifs, mais sa présence a été constatée dans tous les cacaos examinés ; on l'aperçoit en cristaux prismatiques dans le tegment de la graine, formé de cellules aplaties.

Amidon. — Est signalé dans les anciennes analyses

en proportion exagérée. La fève de cacao a ses cellules remplies de granules amylacés, ovales ou arrondis, d'un diamètre de $0^{m},003$ à $0^{m},01$, et perdant rapidement la teinte violette que leur communique l'iode.

Gomme. — On l'obtient en versant de l'alcool dans la solution aqueuse provenant du cacao privé de beurre; la gomme précipitée, desséchée à l'étuve, a l'apparence de la gomme arabique et, comme cette matière, elle donne de l'acide mucique lorsqu'on la traite par l'acide nitrique. Cette gomme mucique a été rencontrée par M. Pasteur dans les vins; elle entre dans la constitution des fourrages, où elle remplit le rôle de l'aliment combustible du lait, la lactose; elle dévie fortement le rayon polarisé vers la droite : $[\alpha]_j + 68^{\circ},6$. Par l'incinération, cette gomme mucique laisse une cendre formée de phosphate basique de magnésie.

Cellulose soluble. — On la sépare du tissu ligneux et de corps mal définis, par l'action de la liqueur de Schweitzer, ou en la saccharifiant par l'acide sulfurique.

Coque. — La coque renferme les mêmes principes que la fève. Dans la coque entière, venant du vannage après la torréfaction, on a dosé :

Beurre	3,90	
Matière azotée	14,25	d'après azote 2,8
Gomme mucique	12,12	
Acide tartrique, tannin	5,05	
Cendres	6,89	
Ligneux, cellulose et matières indéterminées	45,61	
Eau	12,18	
	100,00	

Dans les localités où la fabrication du chocolat a pris de l'extension, la production des coques est considérable : aussi, ce résidu n'ayant presque aucune valeur, on l'emploie

quelquefois comme engrais. Dans les environs de Paris, on en a fait des briquettes fertilisantes, en y faisant entrer des matières fécales. On l'a aussi utilisé pour l'alimentation des moutons. Sa nature, du reste, justifie ces applications : une matière grasse; une substance gommeuse ayant une constitution rapprochée de celle du sucre; un principe azoté, en partie digestible et capable de donner par la putréfaction un agent assimilable par les plantes.

Dans l'amande décortiquée dn cacao de la Trinidad, on a trouvé :

	Non torréfié.	Torréfié.
Beurre	49,9	54,0
Amidon, glucose	2,4	2,5
Théobromine	3,3	3,6
Asparagine	traces	traces
Albumine	10,9	11,8
Gomme mucique	2,4	2,5
Acide tartrique	3,4	3,7
Tannin	0,2	0,2
Cellulose soluble	10,6	11,5
Cendres	4,0	4,4
Matières indéterminées	5,3	5,8
Eau	7,6	»
	100,0	100,0

Le cacao décortiqué, légèrement grillé, séparé des germes par un triage, est la base du chocolat dont l'usage est aujourd'hui si répandu. On n'a pas à en décrire ici la préparation : il suffira de rappeler qu'on l'obtient en broyant entre des cylindres maintenus à une certaine température un mélange de cacao mondé de diverses origines, des variétés aromatiques plus ou moins onctueuses; lorsque la masse est convenablement amollie, on y introduit du sucre par portion, de manière à entretenir la mollesse de la matière. Le broyage étant opéré au moyen de cylindres ou de

cônes animés de différentes vitesses, roulant sur une plate-forme en granite; on fait tomber la pâte dans des formes en fer-blanc. Le chocolat, en devenant solide par le refroidissement, éprouve un retrait, de sorte qu'il sort facilement des moules; on l'enveloppe alors d'une feuille d'étain pour le livrer à la consommation.

L'adjonction du sucre au cacao explique bien la faculté nutritive du mélange; c'est évidemment un des aliments les plus promptement réparateurs.

Les Mexicains préparaient avec le cacao une pâte, le *chocolatl*, dans laquelle on faisait entrer un peu de farine de maïs, de la vanille et le fruit d'un piment. On broyait et moulait le produit à l'aide d'instruments qui ont été adoptés par les Européens. Les Indiens sauvages suçaient la pulpe douce et acidulée de la gousse du cacaoyer et rejetaient les graines, qu'on trouvait accumulées là où ils avaient bivouaqué.

Le P. Gili, en se fondant sur un passage de la *Monarquia indiana*, publiée par Torquemada, assure que les Aztèques faisaient l'infusion du chocolatl à l'eau froide.

Jusqu'au XVIe siècle, les voyageurs différaient beaucoup dans les jugements qu'ils portaient sur cette substance. Acosta considérait le cacao comme un préjugé; Humboldt remarque que ce jugement rappelle la prédiction faite sur l'usage du café. En revanche, Fernand Cortès en exagérait peut-être la valeur; celui qui en a bu une tasse, écrivait un page du conquérant, « peut marcher toute une journée sans prendre d'autre nourriture ». Je reconnais toutefois que, dans une expédition au loin, lorsqu'il est d'une impérieuse nécessité de réduire le poids des rations, le chocolat offre des avantages incontestables et que j'ai eu plus d'une fois l'occasion d'apprécier. En France, la nouvelle boisson eut des partisans et des détracteurs. On sait ce qu'en dit Mme de Sévigné dans une lettre adressée à sa

fille : « J'ai voulu me raccommoder avec le chocolat; j'en pris avant hier pour digérer mon dîner, afin de bien souper, et j'en pris hier pour me nourrir et pour jeûner jusqu'au soir : il m'a fait tous les effets que je voulais; voilà de quoi je le trouve plaisant : c'est qu'il agit selon l'intention. »

Le chocolat possède une qualité essentielle, celle de renfermer sous un faible volume une forte proportion de matières nutritives. Humboldt rappelle qu'on a dit avec raison qu'en Afrique le riz, la gomme, le beurre du shea aident l'homme à traverser les déserts; il ajoute que, dans le nouveau monde, le chocolat, la farine de maïs, lui rendent accessibles les plateaux des Andes et de vastes forêts inhabitées.

La fabrication du chocolat a fait en Europe de grands progrès. En examinant les produits des principaux établissements, on arrive à cette conclusion que, dans les chocolats loyalement préparés, il n'entre que du cacao et du sucre. Voici un Tableau contenant les résultats obtenus au Conservatoire des Arts et Métiers en soumettant à l'analyse des chocolats, les uns fabriqués à Paris dans divers établissements et les autres en Espagne, dans les usines de M. Matias Lopez. On doit faire observer que, dans les produits considérés comme de bonne qualité, le sucre, le beurre, l'albumine, les matières minérales, l'eau ont été déterminés avec précision. Le dosage du sucre a été exécuté après avoir éliminé la gomme appartenant au cacao et dont le pouvoir rotatoire très prononcé et dextrogyre aurait été une cause d'erreur dans l'estimation de la matière sucrée.

Quant aux autres substances, les difficultés qu'on éprouve à les isoler laissent certainement des incertitudes sur les nombres adoptés, mais ce qu'il importait, c'était d'en signaler la présence et la nature. L'arome, la saveur, l'odeur d'un chocolat dépendent particulièrement du choix

des matériaux entrant dans sa constitution et apportant des caractères que peut seul apprécier un dégustateur.

On ajoutera que les échantillons des chocolats examinés et dont on connaît la provenance sont conservés comme pièces pouvant servir à la vérification des analyses.

	Chocolats français.			Chocolats espagnols Lopez.		
	nº 1.	nº 2.	nº 3.	nº 1.	nº 2.	nº 3.
Sucre........	59,07	57,47	56,34	54,00	41,40	41,40
Beurre de cacao.	21,40	22,20	23,80	20,50	24,80	26,60
Amidon et glucose........	1,83	1,83	0,97	1,33	1,84	1,74
Théobromine...	1,26	1,33	1,43	1,89	2,64	2,50
Asparagine....	indice	indice	indice	indice	indice	indice
Albumine.....	4,57	4,75	4,99	6,45	8,67	8,21
Gomme mucique	1,02	1,07	1,14	1,33	1,84	1,74
Acide tartrique.	1,41	1,48	1,58	1,97	2,72	2,51
Tannin et matière colorante.	0,20	0,20	0,20	0,07	0,15	0,14
Cellulose soluble	4,53	4,70	5,04	6,22	8,45	8,00
Cendres.......	1,79	1,75	1,87	2,43	3,23	3,06
Eau..........	1,22	1,28	0,98	1,51	1,20	1,33
Matières indéterminées.....	1,70	1,92	1,66	2,30	3,06	2,71
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Les quantités du sucre varient notablement. A ce sujet, nous rapporterons les observations intéressantes transmises par un habile fabricant espagnol.

Les cacaos de Soconusco et de Caracas sont les plus estimés; celui de Guayaquil est recherché à cause de son prix moins élevé et de sa bonne qualité quand il a été conservé avec soin.

Voici, d'après M. Lopez, la composition des chocolats fabriqués dans son usine.

1. 25 libras de cacao de Guayaquil, après avoir été séparé des coques et germes,

	Libras.
A pesé	19
Sucre brut	22
Chocolat obtenu	41

Pour 100, sucre 53,65.

		Libras.
2.	Cacao de Guayaquil	16
	Cacao de Caracas	9
	Cannelle	0,7

	Libras.
Nettoyé, mélangé, a pesé	19
Sucre blanc	18
Chocolat obtenu	37

Pour 100, sucre 48,6.

		Libras.	
3.	Cacao Caracas	18	non nettoyé
	Cacao Guyaquil	7	non nettoyé
	Sucre blanc	16	
	Cannelle	0,7	
	Chocolat obtenu	35	

Pour 100, sucre 45,7.

		Libras.
4.	Cacao Caracas	25 non nettoyé.
	Sucre blanc	14
	Cannelle	0,7
	Chocolat obtenu	33

Pour 100, sucre 42,41.

		Libras.	
5.	Cacao Caracas..........	18	non nettoyé.
	Cacao Soconusco........	7	
	Sucre raffiné...........	13	
	Cannelle................	0,7	
	Chocolat obtenu......	32	

Pour 100, sucre 40,6.

Ces proportions de 42 et 41 parties de sucre sont précisément celles trouvées dans 100 parties de deux chocolats remis au Conservatoire par M. Lopez.

La quantité de sucre ajoutée au cacao est donc assez différente. Par exemple, d'après nos analyses et les synthèses indiquées par M. Lopez, on voit que dans 100 de chocolat il y a sucre de canne :

Fabriques de Paris...	1............	59,1
	2............	57,5
	3............	56,3
	4............	55,1
Fabriques de Madrid.	1............	53,6
	2............	48,6
	3............	45,7
	4............	42,4
	5............	41,4
	6............	41,4
	7............	40,6

Les proportions de sucre étant très élevées, on a cru devoir rechercher ce qu'elles seraient dans des produits de qualités exceptionnelles, dans trois échantillons de diverses fabriques [1] :

---

[1] Ces chocolats étaient cotés à 10fr le kilogramme.

I. Chocolat de santé extra-fin.

II. Chocolat par excellence.

III. Chocolat surfin.

On a dosé pour 100 :

	Sucre.	Azote.		Matières azotées.
I..........	57,54	0,86	représentant	5,37
II.........	57,54	0,81	»	5,05
III........	53,49	1,00	»	6,28

Ce sont, à très peu près, les quantités de sucre rencontrées dans quatre des chocolats de choix dont la composition est insérée au Tableau; il y a toutefois cette différence, que les chocolats de qualités exceptionnelles n'ont pas fourni la moindre trace de glucose.

Le chocolat I remis par M. Masson, et désigné comme chocolat de santé extra-fin, renfermait, pour 100 :

Beurre............	21,60
Cendres...........	2,49
Eau...............	3,20

On peut donc exprimer sa composition par :

Sucre.............	57,54
Cacao.............	42,46
	100,00

Le développement de l'industrie du chocolat en France ressort d'un document dû à l'obligeance de M. Marie, membre de la Société d'Agriculture et Directeur du commerce extérieur : c'est un état des quantités de cacao importées depuis 1860 jusqu'en 1881.

Importation.

	Unité.	Taux d'évaluation.	Quantités.	Valeurs.
		fr		
1860..................	Kilog.	1,50	4716599	7074899
1865..................	Id.	1,55	6008812	9313659
1869..................	Id.	1,45	8249109	11961208
1875..................	Id.	1,43	8725420	12477351
1880..................	Id.	1,80	10766986	19380575
1881. Belgique..........			3	
Angleterre.........			784335	
Portugal.........			86123	
États-Unis, oc. Atlant.			96080	
Nouvelle-Grenade...			1133963	
Venezuela.........			2629294	
Brésil			4435797	
Équateur.........			185391	20751747
Haïti.............	Id.	1,72	282827	
Poss. ang. d'Amér. N.			189118	
Poss. esp. d'Amér...			1484206	
Poss. holl. d'Amér..			105583	
Guadeloupe.........			202845	
Martinique.........			496820	
Autres pays........			68863	
			12181248	

L'importation, qui était en 1860 de 4 706 599^{kg}, s'est élevée, en 1881, à 12 181 248^{kg}.

Par l'association de l'albumine, de la graisse, des congénères du sucre et la présence des phosphates, le cacao et le chocolat rappellent la constitution du lait, le type, suivant Prout, de tout régime entrant dans la nourriture de l'homme. Il est intéressant de comparer les deux aliments.

	Lait de vache pour 100.	Matières fixes du lait pour 100.
Albumine	4,0	29,4
Beurre	4,4	32,4
Sucre de lait	4,4	32,4
Phosphates, sels	0,8	5,8
Eau	86,4	»
	100,0	100,0

L'émulsion de chocolat varie nécessairement en consistance d'après le volume d'eau avec laquelle on la prépare; assez généralement on met un cinquième de chocolat : c'est la dose qu'on a employée dans un essai.

57gr,9 de tablettes n° 3, dont la composition est indiquée plus haut, ont donné 342gr d'émulsion dans laquelle il entrait :

	gr
Albumine	3,0
Beurre	14,0
Sucre	32,0
Sels, phosphates	1,0

L'albumine, déduite du dosage de l'azote, est calculée à l'état sec; elle représente un poids d'albumine humide, de viande, de 12gr à 15gr.

342gr de lait de vache auraient contenu :

	gr
Albumine	13,6
Beurre	15,0
Sucre de lait	15,0
Sels, phosphates	2,7

On voit que le lait est bien plus riche en matières azotées; il contient moins de sucre; le beurre est dans la même proportion.

Un chocolat dans lequel il y aurait une plus faible dose de matière sucrée procurerait une boisson d'une composition plus rapprochée de celle du lait. Ainsi, en Espagne,

d'après M. Lopez, l'émulsion est souvent faite avec 80^gr d'eau et 32^gr de chocolat.

Dans les 112^gr d'émulsion il y aurait alors, conformément aux analyses II et III du Tableau :

	gr
Sucre	13,2
Beurre	8,2
Albumine	2,7
Phosphates, sels	1,0
Autres matières	6,9
	32,0

Dans tous les chocolats analysés, le poids du sucre a été égal et quelquefois supérieur à celui du cacao entrant dans leur constitution ; on en jugera par les dosages faits par M. L'Hôte sur des échantillons de pâtes, remis au Conservatoire par MM. Menier, Borel et Köhler.

Pâte de cacao.	Beurre.	Albumine.	Cendres.	Eau.
De la Martinique	55,0	13,1	2,5	4,0
De la Guayra	49,3	14,0	3,7	4,6
De Caracas	51,0	12,0	3,6	4,2
De la Trinidad	49,6	»	2,4	5,0
De Puerto Cabello	51,6		3,6	3,2
De Carapano	53,4	»	3,5	3,0
De Para	56,6	»	2,5	4,9
De Venezuela	51,0	»	3,2	5,0
De Para, grabeaux et tamisage	35,4	»	3,8	4,3
De Para, grabeaux purs.	40,0	»	5,4	4,8

Prenant la pâte de cacao caraque, considérée comme le meilleur type, et dans l'état où M. L'Hôte l'a examinée, on a, pour sa teneur en beurre, en albumine et en phosphate :

Beurre	51,0
Albumine	12,0
Phosphate, sels	3,6
Sucre	0,0
Autres matières	33,4
	100,0

Ainsi, en mêlant à 100 de cette pâte 100 de sucre, on obtiendrait un chocolat renfermant :

Sucre	50,0
Beurre	25,5
Albumine	6,0
Phosphate, sels	1,8
Autres matières	16,7
	100,0

Ce serait à peu près la composition moyenne des chocolats français, I, II, III :

Sucre	57,6
Beurre	22,5
Albumine et bromine	6,1
Phosphate, sels	1,8
Autres matières	12,0
	100,0

Mais les chocolats analysés sont plus riches en sucre ; aussi, en incorporant à la pâte caraque 60 pour 100 de sucre, on aurait un chocolat formé de :

Sucre	60,0
Beurre	20,4
Albumine	4,8
Phosphate, sel	1,4
Autres matières	13,4
	100,0

C'est le chocolat I du Tableau dans lequel il y avait :

Sucre	59,1
Beurre	21,4
Albumine	4,6
Phosphate, sels	1,8
Autres matières	13,1
	100,0

Un mélange de 60 de la même pâte et de 40 de sucre donnera un chocolat formé de :

Sucre	40,0
Beurre	30,6
Albumine	7,2
Phosphate, sels	2,2
Autres matières	20,0
	100,0

composition approchant de celle du chocolat espagnol III.

La forte proportion du sucre entrant dans ces produits atténue nécessairement leur faculté nutritive. Aussi, dans l'Amérique méridionale, lorsqu'il s'agissait d'une expédition sur les fleuves ou à travers les forêts, on préparait le chocolat destiné aux approvisionnements avec 80 de cacao et 20 de sucre brut, composition représentée par :

Sucre	20
Beurre	41
Albumine	10
Phosphate, sels	3
Autres matières	26
	100

Un homme recevait par jour 60gr de ce chocolat dans lesquels il y avait :

Sucre	12
Beurre	26
Albumine	6

C'était une utile addition à la ration, formée de viande de bœuf légèrement salée, séchée à l'air (*tasajo*), de riz, de biscuit de maïs ou de galettes de cassave.

On terminera en reproduisant quelques réflexions qui ont surgi sur le chocolat à l'Exposition internationale de la Grande-Bretagne.

On a fait remarquer que, parvenu à un certain état de civilisation, l'homme associe fréquemment à sa nourriture des plantes qui agissent sur son organisme à la manière des boissons fermentées. Comme le vin pris à dose convenable, ces aliments favorisent la digestion, surexcitent la mémoire, exaltent l'imagination et développent un sentiment de bien-être, sans donner lieu à cette réaction fâcheuse qu'occasionne souvent l'abus des liqueurs alcooliques.

C'est un fait curieux que les races humaines séparées par les plus grandes distances, n'ayant jamais eu de communications entre elles, préparent avec certains végétaux des breuvages excitants : le thé en Chine, le café en Arabie, le maté au Paraguay, le coca au Pérou, le cacao au Mexique; utilisant tantôt les feuilles, tantôt les graines de plantes dont les genres botaniques n'ont aucune analogie, mais, malgré cette différence, exerçant une même action sur le système nerveux, sur la digestion : c'est que, en réalité, il y a dans ces végétaux des substances possédant la constitution des alcaloïdes doués de propriétés semblables : c'est la caféine, dans les feuilles du thé; du maté, dans les semences du café; la cocéine, dans les feuilles de coca; la théobromine, dans les graines du cacaoyer. Ainsi, le Chinois, l'Arabe, l'Indien du Paraguay, l'Inca, l'Aztèque, étaient sous l'influence d'un même agent quand ils avaient pris leur boisson habituelle, dont l'usage est maintenant si répandu chez toutes les nations.

Sans doute les infusions de thé, de maté, de café, de coca ne sauraient être considérées comme des aliments. Les matières fixes qu'elles renferment sont en trop faibles proportions et elles n'agissent qu'en vertu de leur alcaloïde. Il n'en est pas ainsi du chocolat : c'est à la fois un aliment complet et un excitant énergique, puisqu'il approche, par sa constitution, de la nourriture par excellence, le lait. En effet, nous avons vu que dans le cacao il y a de la légumine, de l'albumine, de la viande

végétale associée à de la graisse, à des matières amylacées, sucrées, entretenant la combustion respiratoire, enfin des phosphates, matériaux du système osseux, et de plus, ce que le lait ne contient pas, de la théobromine et un arome délicat. Torréfié, broyé, mêlé au sucre, le cacao constitue le chocolat, dont les propriétés nutritives étonnèrent les soldats Espagnols qui envahirent le Mexique.

SUR LA COMPOSITION

DES

SUBSTANCES MINÉRALES COMBUSTIBLES.

J'ai réuni dans ce Mémoire les résultats d'analyses exécutées au Conservatoire des Arts et Métiers, sur des bitumes, des lignites, des résines fossiles, des houilles et des anthracites rapportés d'Amérique; et comme termes de comparaison, les analyses des mêmes matières recueillies dans diverses localités. Ainsi, je dois à l'obligeance de MM. Daubrée et Fremy d'avoir pu étendre mes recherches sur des échantillons provenant des collections de l'École des Mines et du Muséum.

On a commencé ce travail par l'étude des bitumes de l'Alsace.

Le bitume est extrait, à Bechelbronn, par l'ébullition du sable dans l'eau; maintenu ensuite dans une chaudière à une température suffisante pour que les matières terreuses tenues en suspension se déposent; après le refroidissement, il a une consistance visqueuse; sa couleur est brun foncé, c'est la graisse minérale, *stein œl*, qu'on substitue aux corps gras pour atténuer le frottement dans les engrenages, pour lubrifier les essieux des voitures.

L'alcool à 40°, en contact avec ce bitume, prend une teinte jaunâtre, due à une huile qu'on peut séparer par la distillation. C'est le principe liquide du bitume visqueux, le pétrolène; il possède une faible odeur. A 21°, sa densité était de 0,891. A —12°, il est resté liquide; en le refroidissant jusqu'à près de 100° au-dessous de zéro, par l'in-

tervention de l'acide carbonique congelé, il n'y a pas eu apparition de cristaux; le pétrolène a pris la consistance du miel. Il entre en ébullition à 280° sans éprouver d'altération sensible si l'on opère à l'abri de l'air.

Pour sa composition, on a trouvé :

	I.	II.
Carbone..........	88,14	88,09
Hydrogène.......	11,86	11,91
	100,00	100,00

Par l'action de l'alcool, le bitume visqueux devient consistant, mais il est difficile de lui enlever toute la partie fluide; la distillation directe, à une chaleur suffisamment élevée, ne donne pas un résultat plus satisfaisant. Le moyen qu'on a employé pour enlever au bitume visqueux la totalité du principe volatil a été de le soumettre à une température de 250° dans l'étuve à bain d'huile de Gay-Lussac, jusqu'à ce que son poids ne diminue plus. L'opération est fort longue, il a fallu chauffer pendant cinquante heures, alors même qu'on n'agissait que sur 2gr de matière étendus sur une grande surface. La substance solide, ainsi préparée, est d'un noir très brillant, à cassure conchoïde, plus dense que l'eau, devenant molle, élastique, quand on la chauffe à 300° et s'altérant avant d'entrer en fusion. Le bitume visqueux a été soumis à l'analyse :

	I.	II.	Moyenne.
Carbone.....	85,93	85,78	85,85
Hydrogène...	11,20	11,43	11,31
Oxygène.....	2,87	2,80	2,84
	100,00	100,00	100,00

Il en résulterait que le bitume visqueux de Bechelbronn laisserait à l'étuve à peu près 21 pour 100 de bitume solide;

et il est remarquable que ce résidu retienne une aussi forte proportion d'oxygène. Au reste, dans des asphaltes, on verra qu'il y a quelquefois 10 à 12 pour 100 de cet élément.

Les bitumes visqueux, mous et fluides sont évidemment des mélanges de substances de propriétés différentes : les unes liquides, volatiles, comme le pétrolène, le naphte ; les autres solides, fixes, ayant une composition rappelant celle de l'asphalte. On comprend, dès lors, pourquoi la consistance des bitumes est aussi variable, puisqu'elle est la conséquence de la nature des principes entrant dans leur constitution.

Les gisements bitumineux sont connus en Alsace depuis longtemps. En 1498, Wimpheling écrivait qu'à Bechelbronn on trouvait une huile minérale qu'on employait à l'éclairage et au graissage des essieux. Le terrain est une marne renfermant des couches ou plutôt des amas d'un sable quartzeux imprégné de bitume. A Lobsan, le calcaire d'eau douce contient des bandes peu épaisses de lignite intercalées, de nombreux vestiges de végétaux, des empreintes de tiges de *Chara*, de Dicotylédones, des Prêles et de très belles feuilles d'un Palmier, le *Chamærops Flabellaria maxima*; les lignites, en longues aiguilles, sont les débris du tronc de ce palmier, dont l'abondance suffit pour classer le terrain dans le miocène. Dans une argile superposée au calcaire, j'ai rencontré un fossile intéressant : la mâchoire d'un animal que Cuvier a décrit sous le nom d'*Anthracotherium alsaticum*.

I. — Bitumes mous, bitumes liquides.

Pris sur l'eau remplissant un ancien trou de sonde percé dans une prairie.

Très fluide, brun, odeur de pétrole, il n'a pas laissé de cendres après sa combustion.

Pour 100 :

Carbone	87,5
Hydrogène	11,1
Oxygène	0,3
Azote	1,1 [1]
	100,0

Bitume liquide de Schwabweiler, près Hatten. — Brun, odeur de pétrole; provenait d'un sondage.

Carbone	85,38
Hydrogène	12,33
Oxygène	2,17
Azote	0,12
	100,00

Bitume de Bastennes. — On l'extrait en traitant le minerai par l'eau bouillante; noir, très mou; densité, 1,121.

Carbone	85,74
Hydrogène	9,58
Oxygène	2,88
Azote	1,80
	100,00

Bitume du Pont-du-Château (Auvergne). — Apparaît dans un terrain tertiaire en rapport avec une coulée de basalte; noir, mou; densité, 1,068.

Carbone	77,52
Hydrogène	9,58
Oxygène	10,53
Azote	2,37
	100,00

[1] L'azote dosé par combustion.

Bitume des Abruzzes, environs de Naples. — Noir, solide, cassure conchoïde.

Carbone	81,83
Hydrogène	8,28
Oxygène	8,83
Azote	1,06
	100,00

Naphte noir de Balakhang (Pen-Apcheron). — Remis par M. Daubrée.

Carbone	85,42
Hydrogène	6,66
Oxygène	7,76
Azote	0,16
	100,0

Bitume de Cuba. — Densité, 1,06.

Carbone	81,5
Hydrogène	9,6
Oxygène et azote	8,9
	100,0

Bitume des bords de l'Orénoque. — Noir, très solide.

Carbone	77,93
Hydrogène	7,94
Oxygène	13,87
Azote	0,26
	100,00

Bitume noir consistant de Bocanemé, vallée de la Magdalena (Nouvelle-Grenade).

Carbone	88,52
Hydrogène	11,36
Oxygène	0,00
Azote	0,12
	100,00

Bitume des environs d'Ambalema, vallée de la Magdalena. — Noir, très consistant à la température de 30°. 100 parties ont laissé 0,152 de cendres ferrugineuses.

Carbone	88,31
Hydrogène	9,64
Oxygène	1,68
Azote	0,37
	100,00

Bitume des puits de feu de la Chine. — M. Bertrand a envoyé à l'Académie des Sciences du bitume et de l'eau salée provenant d'un gisement décrit par M. Imbert, missionnaire en Chine : l'eau d'un puits salin, le bitume d'un puits de feu *Ho-tsing*. Dans la province de *Szu-tchhuan*, célèbre par le nombre et l'importance des sources salées, on compte, sur une surface d'environ 50 lieues carrées, quelques milliers de puits salins. Ce sont des trous de sonde que l'on fore pour se procurer du sel ; ils ont généralement 500 à 600^{m} de profondeur et un diamètre de 0^{m},20 ; on les exécute par le sondage à la corde. Pour y puiser l'eau salée ou le bitume, on y descend une tige creuse de bambou ayant 8^{m} de longueur, et munie d'une soupape. L'eau rend à peu près le cinquième d'un sel légèrement amer. Cette proportion s'approche de celle que j'ai constatée ; le liquide salé remplissait un morceau de tige de bambou. On y a dosé, pour 100 :

Chlorure de sodium	16,0
» de calcium	3,9
» de magnésium	1,3
Chlorhydrate d'ammoniaque	traces
Eau	78,8
	100,0

On a constaté l'absence de sulfates. Cette eau renferme cinq fois plus de sel que l'eau de la mer.

Il se dégage constamment des puits salins un gaz très combustible. Aussi est-il dangereux d'approcher de leur orifice un corps enflammé. On exécute même des sondages uniquement pour se procurer du gaz ; ces sources de feu sont très communes à *Tseu-lieou-tsing*. L'eau ayant tari dans un de ces puits, on sonda jusqu'à 1000^{m}; l'eau salée ne reparut point ; lorsque la sonde fut parvenue à cette énorme profondeur, il sortit subitement un jet de gaz qui est utilisé aujourd'hui pour chauffer les chaudières évaporatoires et éclairer les ateliers d'une saline.

Le bitume des sources de feu est d'un vert obscur par réflexion, brun quand la lumière le traverse ; à 15 ou 20°, sa consistance est celle de l'huile ; il est dissous en totalité par l'éther sulfurique. Soumis à la distillation, en plaçant la cornue qui le renferme dans un bain de cire permettant d'élever graduellement la température, le bitume abandonne à 100° une huile ayant l'apparence du naphte. Il fallut porter le bain à 150° pour déterminer une distillation continue. On a recueilli alors, sans qu'il y ait eu ébullition, un carbure d'hydrogène d'un jaune pâle ayant les propriétés du pétrolène ; en élevant et maintenant la température à près de 200°, il est resté dans la cornue une substance d'un noir brillant qui est devenu solide après le refroidissement. En opérant sur quelques grammes de bitume, on a pu estimer assez exactement les quantités des trois produits qu'on vient de mentionner :

Huile très volatile analogue au naphte....	1
Huile lourde........................	86
Bitume solide........................	13
	100

Un caractère des bitumes des puits de feu de la Chine, c'est de prendre une assez grande consistance par l'abaissement de la température. A 15°, il est très liquide ; mais à 0°, il devient assez visqueux pour couler difficilement ;

puis, la température s'abaissant encore, il s'en sépare une substance grenue, de la naphtaline. Aussi le bitume refroidi, jeté sur un filtre, se sépare-t-il en deux parties : l'une, liquide, brune, passant lentement ; l'autre, extrêmement consistante, reste sur le papier ; c'est évidemment un mélange de naphtaline et de bitume liquide.

Bitume des puits de feu. — Partie filtrée ; n'a laissé après la combustion qu'une trace de cendre grise.

Carbone	86,82
Hydrogène	13,16
Oxygène	0,00
Azote	0,02
	100,00

Partie restée sur le filtre et exprimée : 100 parties ont laissé 0,196 de cendre grise.

Carbone	82,85
Hydrogène	13,09
Oxygène	4,06
Azote	0,00
	100,00

Les sources salées sont souvent concomitantes des gisements de bitume. Par exemple, en Alsace, la saline de Soultz-sous-Forêts est dans le terrain tertiaire, et, comme en Chine, les sondages donnent issue à des quantités très abondantes de gaz inflammable, dont le dégagement est accompagné ou suivi d'émissions d'un bitume fluide contenant de la naphtaline, ainsi que l'a reconnu M. Le Bel. Ces émissions proviennent sans aucun doute de grandes profondeurs ; car le gaz emprisonné dans ces huiles minérales s'y trouve à une pression supérieure à celle de 15^{atm}. Toutefois, le seul fait, à ma connaissance, indiquant que le bitume liquide, le pétrole, sort quelquefois des roches d'une ancienne époque, est celui observé par de Humboldt, dans

l'Amérique méridionale : une source d'huile dans un micaschiste baigné par la mer à la Punta de *Araya* dans le golfe de *Cariaco*. Rappelons ici que, aux États-Unis, on a retiré d'immenses quantités d'huiles minérales lourdes et légères des terrains siluriens et dévoniens.

BITUMES SOLIDES : ASPHALTE.

L'asphalte est noir, amorphe, à cassure conchoïde, d'une densité de 1,1 à 1,2; il acquiert l'électricité résineuse. Par la distillation sèche, ce minéral est altéré et produit des huiles empyreumatiques accompagnées d'une eau légèrement ammoniacale. L'alcool absolu en extrait quelquefois une résine jaune, soluble dans l'éther.

Asphalte d'Algérie, près d'Oran, remis par M. Le Bel : a laissé une trace de cendre rouge.

Carbone	73,47
Hydrogène	10,48
Oxygène	15,49
Azote	0,56
	100,00

Asphalte d'Égypte, remis par M. Le Bel :

Carbone	85,29
Hydrogène	8,24
Oxygène	6,22
Azote	0,25
	100,00

Asphalte de Coxitambo, près Cuenca, au Pérou.

Le gisement, très abondant, serait déposé sur le grès, en relation avec le calcaire néocomien, d'après de Humboldt. D'un noir brillant.

	I.	II.
Carbone..........	87,25	87,75
Hydrogène........	9,69	9,68
Oxygène et azote...	3,06	2,57
	100,00	100,00

Bitume de Judée, de la mer Morte. — Ce bitume flotte en morceaux à la surface du lac Asphaltite. Les fragments que de Saulcy m'a remis sont noirs, brillants, durs, à cassure conchoïde. D'après M. Lartet, ils proviendraient des sources thermales et salines. J'ai analysé deux échantillons très purs.

	I.	II.
Carbone..........	77,12	77,84
Hydrogène........	8,82	8,92
Oxygène..........	12,35	11,54
Azote............	1,71	1,70
	100,00	100,00

Résines fossiles. — Dans les alluvions aurifères de l'Amérique du Sud, on rencontre assez souvent des substances ayant l'apparence de résine, de succin.

L'échantillon examiné a été trouvé à Bucaramanga, province du Soccoro, dans le lavage de Giron. On l'avait détaché d'un bloc pesant 12^{kg}.

La résine de Giron est d'un jaune pâle, transparente; elle fond facilement et brûle avec une flamme peu fuligineuse sans laisser de résidu. Par le frottement elle devient fortement électrique; insoluble dans l'alcool, elle se gonfle, devient opaque dans l'éther. Sa densité est un peu supérieure à celle de l'eau. Par son aspect, sa translucidité, sa couleur, elle peut être confondue avec le succin; mais, en la distillant, on n'a pas réussi à en extraire de l'acide succinique.

Carbone	82,7
Hydrogène	10,8
Oxygène	6,5
Azote	0,0
	100,0

Résine fossile des alluvions aurifères de Santa-Rosa, province d'Antioquia (*Nueva Granada*). Elle est d'un brun clair, se rencontre en morceaux volumineux ayant la cassure conchoïde, devient électrique, brûle sans laisser de cendre.

Carbone	77,80
Hydrogène	9,60
Oxygène	12,57
Azote	0,03
	100,00

Résine fossile des alluvions aurifères del Retiro, province d'Antioquia. On la rencontre en fragments d'un jaune-orange; elle a l'aspect de la mellite, sans structure cristalline, électrique; chauffée dans un tube, il s'en dégage de l'eau un peu acide; soluble à froid dans l'alcool à 40°, très soluble dans l'éther; les solutions sont légèrement acides.

Carbone	71,89
Hydrogène	6,51
Oxygène	21,57
Azote	0,03
	100,00

Cire de montagne de Balkin (Russie). — Fusible à 62°; éclat cireux, on la trouve en amas considérables dans une île voisine de Bakou; l'échantillon examiné avait une couleur brune. On la désigne sous le nom d'*ozocérite*.

100 parties renfermant : eau, 1,14, ont laissé : cendres grises, 6,390.

Cendres et eau déduites :

Carbone	84,33
Hydrogène	13,71
Oxygène	1,96
Azote	0,00
	100,00

De l'ozocérite, de Truskawicg, en Gallicie, contenait :

Carbone	84,62
Hydrogène	14,29
Oxygène	1,09
	100,00

Élatérite. — Bitume élastique, caoutchouc fossile.

Cette substance cède facilement à la pression; translucide sur les bords, d'un brun noir, éclat gras, élastique; densité, 0,90 à 1,2; odeur bitumineuse; fusible. En partie soluble dans l'éther, exposée à l'air, l'élatérite perd de son poids par l'émission d'un principe volatile.

Un échantillon de Salt Erk (Australie), remis par M. Daubrée, contenait pour 100 : eau, 0,25; cendres, 5,30.

Carbone	72,13
Hydrogène	10,30
Oxygène	16,84
Azote	0,71
	100,00

Rétinasphalte de Bovey, Devonshire. — Remis par M. Fremy. Jaune brun, élastique, devenant dur par l'exposition à l'air.

Carbone	74,12
Hydrogène	8,18
Oxygène	17,51
Azote	0,19
	100,00

Jonite de Californie. — Remis par M. Fremy. Bitume mou.

Carbone	67,55
Hydrogène	7,13
Oxygène	25,05
Azote	0,27
	100,00

Guayaquilite. — Résine amorphe, jaune clair. Densité, 1,092; fusible à 70°; soluble dans l'alcool; a été trouvée en masses volumineuses dans les environs du port de Guayaquil, république de l'Équateur.

Carbone	77,01
Hydrogène	8,18
Oxygène	14,81
	100,00

Succin, ambre jaune. — Cassure conchoïdale, transparent; densité, 1,1. Prend l'électricité résineuse; entre en fusion vers 300°. Par la distillation, donne de l'eau et de l'acide succinique.

On a dit que le succin est la résine fossile d'une espèce éteinte de Conifère, le *Pinter succinifer*. Son gisement est généralement dans les lignites, mais on en rencontre fréquemment au milieu des alluvions, du sable, comme il arrive pour les blocs de résines fossiles, au milieu de sédiments aurifères de l'Amérique méridionale. J'ai observé le succin dans les argiles de la masse de sel gemme exploitée à Zipaquira, près de Santa-Fé-de-Bogota (Nouvelle-Grenade); les fragments, d'un jaune pâle, transparents, renfermaient des débris d'insectes. A Lobsann, en Alsace, on en extrait des petits nodules disséminés dans un lignite.

Dans un succin du Hainaut :

Carbone	78,8
Hydrogène	10,2
Oxygène	11,0
	100,0

Dysodile. — Cette substance est considérée comme la limite des bitumes. Elle est formée de minces feuillets, renfermant quelquefois des empreintes de plantes dicotylédonées, de poissons. Densité, 1,1 à 1,3; elle brûle en émettant une odeur très fétide et laisse un résidu abondant.

Dysodile de Sicile. — Remis par de Senarmont. Après combustion, a laissé, pour 100 : 40 de substances minérales.

Cendres déduites, on a trouvé :

Carbone	57,73
Hydrogène	9,35
Oxygène et soufre	31,91
Azote	1,01
	100,00

Dysodile de Glumbach, près de Giesen.
Cendres déduites :

Carbone	63,39
Hydrogène	12,51
Oxygène	19,13
Soufre	1,96
Azote	0,62
Eau	2,39
	100,00

Dysodile de Rott, près de Bonn.
Cendres déduites :

Carbone	69,01
Hydrogène	10,04
Oxygène	16,90
Soufre	2,35
Azote	1,70
	100,00

La différence de composition ressortant de l'analyse justifie l'opinion qui n'admet pas que le dysodile soit une espèce minérale bien déterminée. C'est une sorte de lignite schisteux renfermant du soufre. Ehrenberg, en constatant dans plusieurs variétés la présence de carapaces siliceuses d'infusoires et de débris de plantes, regardait la formation du dysodile comme analogue à celle du *tripoli*.

Lignite. — On le rencontre dans l'argile plastique, surtout dans les terrains supercrétacés.

Lignite de Lobsann (Alsace).—En couches peu épaisses, nombreuses dans le calcaire; formé en grande partie d'aiguilles de palmiers; le lignite bacillaire : on l'emploie comme combustible.

100 parties contiennent 9 à 10 pour 100 d'une cendre dont la couleur rouge provient de la pyrite.

Les aiguilles sont d'un noir brillant; on a examiné la matière après l'avoir desséchée.

Composition, cendres déduites :

Carbone	73,7
Hydrogène	3,7
Oxygène et soufre	22,0
Azote	0,6
	100,0

Jaïet d'Espagne. — Exploité pour la fabrication des bijoux. Noir, brillant, cassure conchoïde.

Composition, cendres déduites :

Carbone	81,98
Hydrogène	5,81
Oxygène	11,53
Azote	0,68
	100,00

Lignite de la province d'Antioquia (Amérique méridionale.) — Compact.

Cendres et eau déduites, composition :

Carbone	66,81
Hydrogène	4,84
Oxygène.	27,37
Azote	0,98
	100,00

Lignite du Chili. — Remis par Claude Gay, de Coronela, près de la Conception. Compact.

Carbone	79,24
Hydrogène.	5,50
Oxygène.	13,69
Azote	1,57
	100,00

Houille.

La houille a des caractères qui la séparent des combustibles d'origine plus récente; les études approfondies de M. Grand'Eury établissent qu'il faut mettre en ligne sa formation par les écorces, les feuilles, les humus plus azotés, hydrogénés, carburés que le bois, et plus aptes par leur nature à développer des éléments bitumineux. Il est bien certain que tous les combustibles issus des plantes ont été constitués dans le sol par voie humide et non par voie sèche, sous l'influence du feu et de la pression, ainsi qu'on l'a admis pendant longtemps. Si une certaine température souterraine est intervenue, M. Grand'Eury pense qu'elle atteignait à peine 60°. La houille est en couche de puissance très variable dans les grès et les schistes du terrain carbonifère. J'en ai découvert des gisements importants à de très grandes altitudes, dans la Cordillère orientale des Andes, dans un grès qui n'est pas le grès houiller proprement dit,

mais une roche arénacée placée au-dessus du calcaire néocomien.

Houille de Canoas, plateau de Santa-Fé-de-Bogota; altitude, 2800^m. La galerie, ouverte depuis la conquête, n'avait qu'une profondeur de quelques mètres. La houille, de fort bonne qualité, était en couche de $2^m,50$; les schistes ne présentaient ni des empreintes de fougères, ni de lycopodiacées, mais des impressions de roseaux.

100 de houille ont laissé : cendres blanches, 2,66.

$0^{gr},292$ de matière (cendres déduites) ont donné :

Carbone	80,96
Hydrogène	5,13
Oxygène	12,50
Azote	1,41
	100,00

Houille fibreuse de la province d'Antioquia (Amérique méridionale). En couche dans un grès superposé à la syénite.

100 parties contenaient : eau, 2,80; cendres rouges, 5,54.

Carbone	87,05
Hydrogène	5,00
Oxygène	5,56
Azote	1,39
	100,00

Houille des mines de Montrambert (Loire), du puits Dyère. — 100 parties renfermaient : eau, 2,00; cendres légèrement rouges, 0,63.

Carbone	86,67
Hydrogène	4,56
Oxygène	7,98
Azote	0,79
	100,00

Cannel-Coal du Lancashire. 100 parties, par la combustion, laissaient 2,55 de cendres.

Carbone	85,9
Hydrogène	5,8
Oxygène et azote	8,3
	100,0

Fusain. — La houille a quelquefois un singulier aspect, celui du charbon de bois. On la désigne alors sous le nom de *fusain;* elle est en fragments plats, à angles émoussés, dispersés dans le charbon de terre. Il y a des tiges dont l'intérieur converti en fusain est recouvert d'une écorce changée en houille. Dans l'opinion de M. Grand'Eury, à qui l'on doit une excellente étude sur la formation des combustibles minéraux, le fusain serait l'état fossile d'un bois desséché à l'air avant son enfouissement et qui n'aurait pas éprouvé la transformation des débris végétaux ayant pourri préalablement dans les marécages.

Dans les fibres d'un fusain d'Altenkirchen, près de Sarrebrück, Schimper a vu des pores circulaires caractéristiques de la famille des conifères.

Quand on chauffe certains fusains, ils laissent échapper de l'eau légèrement acide; à une température approchant du rouge naissant, il se dégage une huile brune.

Fusain des houillères de Blanzy, puits Sainte-Eugénie. — 100 parties contenaient : eau, 9,52; cendres siliceuses blanches, 7,65.

Carbone	87,81
Hydrogène	3,88
Oxygène	7,67
Azote	0,64
	100,00

Fusain de Montrambert (Loire), puits Dyère. —

100 parties contenaient : eau, 1,00; cendres, 1,77, légèrement rouges.

Carbone	95,0
Hydrogène	3,3
Oxygène	1,5
Azote	0,2
	100,0

Anthracite. — Densité de 1,3 à 1,8.

Anthracite de Pembrokerhir.

Cendres déduites :

Carbone	95,34
Hydrogène	2,42
Oxygène	1,35
Azote	0,89
	100,00

Anthracite sphéroïdal, remis par M. Damour. Cendres déduites :

Carbone	91,51
Hydrogène	3,87
Oxygène	3,36
Azote	1,26
	100,00

Anthracite de la Mure (Isère).

Cendres déduites :

Carbone	95,26
Hydrogène	2,51
Oxygène	1,56
Azote	0,67
	100,00

Anthracite de Laboan (Bornéo). — Remis par M. Daubrée. — 100 parties contenaient : eau, 5,17; cendres, 4,49, légèrement rouges.

Cendres et eau déduites :

Carbone	93,66
Hydrogène	2,94
Oxygène	2,88
Azote	0,52
	100,00

Anthracite du Chili, de la Ternera, province d'Atacama. — Remis par Gay. Très friable.

100 parties renfermaient : eau, 3,30; cendres rouges, 23,36.

Eau et cendres déduites :

Carbone	92,25
Hydrogène	2,27
Oxygène	4,94
Azote	0,54
	100,00

Anthracite de Muso (Nueva Granada). — Trouvé en amas dans les schistes des mines d'émeraudes. Dur, d'un noir brillant, prenant un grand éclat par le frottement; taillé, on l'a porté mêlé à des diamants; sa densité est 1,689.

Le fragment analysé renfermait pour 100 : eau, 8,22; cendres rouges, 2,75.

Eau et cendres déduites :

Carbone	94,83
Hydrogène	1,27
Oxygène	3,16
Azote	0,74
	100,00

On connaît des anthracites présentant un aspect adamantin, comme celui de Muso. Ainsi on a rencontré dans un charbon de petits grains assez durs pour rayer le verre

et même le zircon. Par le polissage, ils acquièrent un éclat remarquable, mais cette substance a une faible densité et laisse d'assez fortes proportions de cendres.

M. Friedel a dosé, dans un échantillon que l'on croit originaire du Brésil (cendres déduites) :

Carbone	97,6
Hydrogène	0,7
Oxygène	1,7
	100,0

Graphite. — C'est un carbone presque pur, d'un éclat métallique assez prononcé, gris d'acier; onctueux au toucher, brûlant difficilement et laissant des cendres dont les quantités varient considérablement, suivant la pureté du minéral, de 0,3 à 11 pour 100.

La densité est de 2 à 2,23. On le rencontre quelquefois en lames hexagonales.

Un graphite de Karsoh, près d'Omenah, remis au Conservatoire par M. Daubrée, renfermait pour 100 : eau, 0,0; cendres rouges, 11,310.

Cendres déduites :

Carbone	97,87
Hydrogène	0,37
Oxygène	1,70
Azote	0,06
	100,00

L'hydrogène, l'oxygène, l'azote appartenaient sans doute aux impuretés mêlées au minéral. Pour les éliminer, il faut, comme l'ont fait MM. Dumas et Stas dans leurs belles recherches sur le véritable poids atomique du carbone, traiter le graphite par plusieurs agents ; puis, pour enlever les dernières traces de fer, le soumettre au rouge à un courant de chlore. Ainsi obtenu, le graphite, comme le diamant, est du carbone pur.

Substances analysées.	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.	Azote.
Bitume liquide de Bechelbronn.	87,50	11,10	0,30	1,10
Bitume de Bocanémé........	88,52	11,36	0,00	0,12
Bitume de Schwabwiler......	85,38	12,33	2,17	0,12
Bitume d'Ambalema, Magdalena....................	88,31	9,64	1,68	0,37
Bitume liquide, Hatten (Alsace).	87,40	12,60	0,00	0,00
Bitume de l'Orénoque.......	77,93	7,94	13,87	0,26
Naphte noir de Balakhany ...	85,42	6,66	7,76	0,16
Bitume de Bastennes........	85,74	9,58	2,88	1,80
Bitume de Pont-du-Château ..	77,52	9,58	10,53	2,37
Bitume des Abruzzes, Naples..	81,83	8,28	8,83	1,06
Bitume des puits de feu de la Chine (filtré)............	86,82	13,16	0,00	0,02
Bitume des puits de feu de la Chine (exprimé).........	82,85	13,09	4,06	0,00
Bitume de Judée...........	77,84	8,92	11,53	1,71
Asphalte de Coxitambo, Pérou.	87,75	9,68	2,58	0,00
Asphalte d'Algérie, Oran.....	73,47	10,48	15,49	0,56
Asphalte d'Égypte........	85,29	8,24	6,22	0,25
Cire de Balkin, Russie	84,33	13,71	1,96	0,00
Résine fossile de Bucaramanga.	82,70	10,80	6,50	0,00
Résine fossile de Santa-Rosa, Antioquia...............	77,80	9,60	12,57	0,03
Résine fossile del Retiro, Antioquia................	71,89	6,51	21,57	0,03
Résine guayaquilite, Équateur.	77,66	8,20	14,80	0,00
Rétinasphalte de Bovey......	74,12	8,18	17,51	0,19
Élatérite, Australie........	72,15	10,30	16,84	0,71
Jonite, Californie...........	67,55	7,13	25,05	0,27
Dysodile de Rott.	69,01	10,04	19,25	1,70
Dysodile de Sicile...........	57,73	9,35	31,91	1,01
Lignite d'Antioquia.........	66,81	4,84	27,27	0,98
Lignite du Chili............	79,24	5,50	13,69	1,57
Jaïet d'Espagne............	81,98	5,81	11,53	0,68
Houille fibreuse d'Antioquia..	87,05	5,00	6,56	1,39
Houille de Canoas, Bogota....	80,96	5,13	12,50	1,41

Substances analysées.	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.	Azote.
Houille de Montrambert.....	86,67	4,56	7,98	0,79
Fusain de Blanzy..........	87,81	3,88	7,67	0,64
Fusain de Montrambert......	95,0	3,3	1,5	0,2
Anthracite de la Mure (Isère).	95,26	2,51	1,56	0,67
Anthracite sphéroïdal........	91,51	3,87	3,36	1,26
Anthracite de Bornéo.......	93,66	2,94	2,88	0,52
Anthracite du Chili.........	92,25	2,27	4,94	0,56
Anthracite de Pembrolleshir..	95,34	2,42	1,35	0,89
Anthracite de Muso.........	94,83	1,27	3,16	0,74
Anthracite adamantin.......	97,60	0,70	1,70	0,00
Graphite de Karsöh.........	97,87	0,37	1,70	0,06

SUR LA CONSTITUTION

DES

EAUX DE LA MER MORTE.

Avant de reproduire le résultat des études que j'ai entreprises sur la constitution de l'eau du lac Asphaltite, où l'on ne rencontre aucun être organisé, j'ai pensé qu'il serait intéressant de parler de l'étonnante vitalité qui se manifeste dans les océans, et que nous ont révélée les naturalistes attachés aux explorations exécutées dans ces dernières années.

Déjà les anciens avaient signalé les plantes, les varechs amassés près des côtes occidentales de l'Afrique, la mer des Sargasses, mer herbacée comprenant deux bancs d'algues réunis par une bande transversale s'étendant de l'est à l'ouest et ayant, suivant les assertions du major Rennel, discutées par de Humboldt, une surface six à sept fois égale à celle de l'Allemagne, offrant ce remarquable exemple de plantes sociales croissant sans mélange d'espèces étrangères.

On conçoit l'étonnement, la crainte que les compagnons de Colomb éprouvèrent en naviguant pendant près d'un mois au milieu de ces herbes flottantes qu'ils traversèrent deux fois, en 1492 et 1493. On peut en déduire que depuis quatre siècles ces amas de plantes marines n'ont pas changé de place.

La constance des phénomènes naturels, dit de Humboldt, mérite de fixer doublement l'attention des physiciens lorsque nous la retrouvons dans les plaines toujours agitées

de la mer : aussi peut-on aujourd'hui, au XIXe siècle, regarder le 48e degré de longitude ouest comme l'axe principal du grand banc de fucus ([1]).

C'est au nord des îles du Cap Vert qu'on rencontre des paquets flottants de goémon, le raisin des tropiques, *Fucus natans*, qui ne végéterait sur les rochers sous-marins que depuis l'équateur jusqu'au 40e degré de latitude ; en effet, quoiqu'on ait observé des espèces gigantesques dont les tiges ont près de 300m de longueur, il n'en est pas moins certain que, fréquemment, loin d'être attaché à un fond, le fucus flotte en masses isolées, et pour expliquer comment ces masses restent depuis des siècles dans les mêmes lieux malgré leur mobilité, il faut admettre qu'ils viennent des bas-fonds pour suppléer sans cesse à ce qui est emporté par le courant équinoxial dans les hautes latitudes, vers les côtes de la Norwège et de la France ([2]).

Quant aux causes qui arrachent les algues, là où les eaux ne sont pas agitées, elles ne sont pas connues. On sait toutefois, par les observations de Lamouroux, que si les fucus adhèrent aux roches avec une grande ténacité avant la fructification, ils s'en détachent aisément après. D'ailleurs, les poissons, les mollusques, en en rongeant les tiges, contribuent aussi à les séparer des racines.

Dans un *Fucus saccharinus* qu'on venait de retirer de la mer nous avons dosé, Payen et moi,

Eau	75,5
Matière sèche	24,5
	100,0

et dans 100 de la même plante à l'état normal :

Azote	0,54

([1]) De Humboldt, *Tableau de la Nature*.
([2]) De Humboldt, *Relation historique*, t. II.

On aurait donc, pour 100 de la plante sèche,

Azote	2,21

En Bretagne et dans le nord de l'Angleterre on brûle les varechs pour obtenir un produit très peu alcalin et de si faible valeur que, pendant longtemps, on s'en servait comme engrais, non pas pour introduire de la soude dans le sol, mais de la potasse, car les cendres des plantes marines sont relativement riches en alcali végétal, bien qu'il n'entre qu'en proportion infime dans l'eau de mer.

Par exemple, dans les cendres de varechs récoltés sur les bords de la Clyde, à la côte occidentale d'Écosse, Godechens a dosé pour 100 :

	Fucus			
	digitatus.	vesiculosus.	nodosus.	serratus.
Potasse	20,7	13,0	9,1	4,0
Soude	7,7	9,5	14,3	18,7

Dans ces cendres il y a une assez forte proportion de sel marin, parce que les algues sont brûlées à leur sortie de la mer ; mais après un lavage, elles sont si peu salées que dans certaines localités du nord de l'Europe on les emploie comme fourrages ; leur eau de constitution n'est pas plus salée que celle de l'organisme des animaux marins. Ainsi il y a, pour 100 :

	Eau.	Substances minérales.
Dans la raie	76	1,7 (1)
Dans le hareng	70	1,9
Dans la sole	86	1,2

On trouverait en moyenne pour 100 d'eau de constitution 1,6 de matière minérale dont la totalité n'est pas uniquement du chlorure de sodium, quantité bien inférieure à celle que renferme le milieu dans lequel vivent les pois-

(1) Payen, *Chimie industrielle*.

sons. En effet, l'eau de mer dans laquelle se développe cet immense organisme renferme 3 à 4 pour 100 de sels. Usiglio a dosé dans la Méditerranée, sur les côtes de France :

Chlorure de sodium		2,94
Bromure de sodium		0,05
Chlorures de	potassium	0,05
	magnésium	0,32
Sulfate de magnésie		0,25
Sulfate de chaux		0,14
Carbonate de chaux		0,01
Oxyde de fer		traces
		3,76
Eau		96,24
		100,00

L'iode n'est pas mentionné dans ce Tableau : il existe cependant dans l'eau de mer, puisque tous les êtres organisés qui y vivent en contiennent.

Dans l'océan Atlantique, Murray donne :

Sels	3,11
Eau	96,80
	100,00

Une analyse récente de M. Backs indiquerait dans l'eau de mer du Nord, dont la densité était 1,023 :

Chlorures de	sodium	2,86
	potassium	0,10
	magnésium	0,28
Sulfate de magnésie		0,20
Sulfate de chaux		0,11
		3,55
Eau		96,45
		100,00

La mer renferme en outre, indépendamment des sels, des corps qu'on n'a pu signaler, mais dont la présence ne saurait être mise en doute, puisque, comme l'iode, le brome, les phosphates, on les trouve dans les plantes. Ajoutons que l'Océan étant pénétré par l'atmosphère qui lui est superposée, il s'y trouve, jusqu'aux plus grandes profondeurs, de l'oxygène, de l'acide carbonique et de l'azote à deux états, libre comme celui de l'air et combiné, formant des composés bien définis, de l'ammoniaque, des nitrates, des nitrites, que j'ai rencontrés sur les côtes de Nice, ensuite à Dieppe et que, récemment, le Dr Frankland a dosés dans de l'eau puisée jusqu'à 1400^{m} de profondeur au-dessous de la surface, durant la campagne du *Porcupine*.

La présence de ces composés azotés dans les mers est la conséquence de leur diffusion dans l'atmosphère, d'où ils sont précipités par les météores aqueux.

C'est Théodore de Saussure qui montra, en 1803, l'existence de l'ammoniaque dans l'air : en y exposant une solution de sulfate d'alumine, il se forma bientôt un alun ammoniacal. Ce fait expliquait qu'une plante prélève l'azote dans les extraits organiques, dans les vapeurs ammoniacales, et qu'elle n'assimile pas, ainsi qu'on le croyait, l'azote gazeux de l'atmosphère.

En 1853, j'ai exécuté au Liebfrauenberg, dans les montagnes des Vosges, des recherches durant lesquelles 78 pluies furent examinées. Les échantillons recueillis indiquaient un volume de 17^{hlit},6 dans lequel on trouva par litre en moyenne 0^{gr},00042 d'ammoniaque, le nombre le plus bas 0^{gr},00003, le plus élevé 0^{gr},0004.

Dans le cours de ces observations, on reconnut que l'ammoniaque était loin d'être en même proportion au commencement et à la fin d'une pluie, et que si cette pluie continuait sans interruption pendant un temps assez long, l'eau finissait par ne plus contenir d'alcali ; on rapportera deux résultats :

29 *août* 1853.

	Ammoniaque par litre.
	mgr
Première prise à 9^h du matin...........	0,58
Deuxième prise......................	0,48
Troisième prise......................	0,67
Quatrième prise......................	0,42
Cinquième prise......................	0,14
Sixième prise, à midi..................	0,06

8 *septembre.*

	Ammoniaque par litre.
	mgr
Première prise, à $2^h 30^m$ du soir.........	0,60
Deuxième prise......................	0,27
Troisième prise, à 9^h du soir............	0,03 (1)

La pluie apporte avec de l'ammoniaque des composés nitrés qu'on rencontre aussi à la surface de la terre. Il convient de fixer d'abord l'attention sur ce point.

1° A Tacunga près de Quito, on exploite une nitrière que je visitai pendant la guerre de l'Indépendance. C'est un sol d'une grande fertilité, une terre riche en humus, qu'on lessive pour en retirer du nitre.

2° En Espagne, non loin de Saragosse, des terrains assez féconds pour être cultivés sans engrais donnent, à volonté, soit du froment, soit du nitrate de potasse.

3° Dans la vallée du Gange, le salpêtre de Houssage effleurit sur le limon déposé par le fleuve.

4° Le Pérou, à Taracapa, renferme d'inépuisables gisements de nitrate de soude.

La terre végétale, à tous les degrés de fertilité, lorsqu'elle est exposée à l'air dans un état convenable d'humectation

---

(1) Boussingault, *Agronomie*, t. VI, p. 210.

se nitrifie, c'est une de ses propriétés. Cette nitrification a une limite; mais, quand elle cesse, la terre agit à la manière d'un ferment nitrique, car si l'on incorpore une matière organique azotée, il y a apparition de salpêtre.

Le sol renferme donc des nitrates de deux origines: ceux provenant de la nitrification spontanée, et ceux apportés par les eaux météoriques; l'atmosphère étant vraisemblablement la source la plus abondante des composés nitrés. Une pluie, quand elle commence, entraîne des particules de nitrate, de nitrites suspendues dans l'air. Liebig, en continuant des recherches commencées en 1821 à l'Université de Giessen, en a rencontré dans les résidus obtenus par l'évaporation de 129 pluies d'orage ([1]).

En 1856, on recueillit des pluies au Liebfrauenberg, durant les mois de juillet, août, septembre et octobre. On en a jaugé par le pluviomètre $9^{hlit},17$; les dosages indiquèrent $0^{gr},18$ d'acide nitrique, soit $0^{mgr},184$ par litre.

Les pluies les plus riches en acide, qu'on a reçues au commencement de la chute, sont tombées les

	Acide par litre.
	mgr
16 juillet 1857	6,23
9 octobre 1857	5,48
25 septembre 1857	3,74
14 août 1856, la nuit, pluie d'orage	3,43
9 août 1856	3,23
5 août 1857	2,09
30 juillet 1856	2,01
8 septembre 1857, la nuit	2,00
10 septembre 1857, orage	1,91
9 août 1856	1,88

Dans la même série d'observations, treize eaux recueillies à la fin d'une pluie ne contenaient pas d'acide.

([1]) LIEBIG, *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série. t. XXXV.

Les résumés des dosages n'établissent pas une diminution d'acide nitrique aussi marquée que celle de l'ammoniaque. Voici quelques chiffres :

		Acide nitrique par litre.
		mgr
12 juin 1858.	Première prise........	0,148
»	Deuxième prise.......	0,012
»	Troisième prise.......	0,012
»	Quatrième prise.......	0,000
24 juillet 1858.	Première prise, 11^h du matin.............	0,677
»	Deuxième prise, midi, la pluie cesse. La pluie recommence à 1^{h}30^m.	0,232
»	Première prise........	0,332
»	Deuxième prise.......	0,212
»	Troisième prise.......	0,086
»	Quatrième prise.......	0,440
»	Cinquième prise.......	0,024

La présence constante des nitrates, des nitrites, de l'ammoniaque dans les météores aqueux provient de ce que ces composés sont formés par deux des éléments de l'atmosphère, l'azote et l'oxygène.

En effet, depuis la mémorable expérience de Cavendish, on sait qu'une étincelle électrique éclatant dans de l'air humide donne naissance à de l'acide nitrique, à de l'acide nitreux, à de l'ammoniaque.

Lorsque, il y a plus de quarante ans, je signalai l'action que pouvait exercer ce phénomène sur la végétation en créant un engrais énergique, je ne me dissimulai pas qu'en Europe, où les orages ne sont pas aussi fréquents qu'aux régions équinoxiales, on serait peu disposé à reconnaître à l'électricité le pouvoir que je lui attribuais. Or on peut admettre avec certitude que pendant l'année entière, tous les jours, à tous les instants, l'atmosphère tropicale est

incessamment traversée par des décharges à ce point qu'un observateur placé à l'équateur, s'il était doué d'organes assez délicats, y entendrait continuellement le bruit du tonnerre.

En effet les observations de Mutis continuées pendant un demi-siècle, celles de Humboldt, tous les renseignements que j'ai recueillis établissent que pour un point de la zone torride, la saison permanente des orages est liée à la position que le Soleil occupe dans l'écliptique; elle s'y manifeste deux fois par an, alors que l'astre approche du zénith, c'est-à-dire lorsque sa déclinaison est peu différente de la latitude du lieu et de même dénomination.

Cependant les composés nitrés, l'ammoniaque, n'apparaissent pas uniquement lors des orages, mais aussi et sous toutes les latitudes, dans la pluie, la neige, la grêle, le brouillard, et je puis ajouter la rosée. Seraient-ce des vapeurs répandues dans l'air? Mais j'ai dit, parce que je m'en suis assuré, que ces sels n'ont pas de tension à une température modérée. En se fondant sur cette fixité, on est conduit à attribuer leur présence dans les météores aux poussières que l'air entraîne, comme il entraîne le sel marin, les iodures et d'autres substances non volatiles qu'on décèle dans la pluie. Sans doute on hésite à supposer que des corpuscules solides restent suspendus dans un milieu gazeux; c'est à cause de leur extrême ténuité. Ainsi des particules d'eau de mer, si petites qu'il serait difficile de leur attribuer un poids, sont enlevées par un vent impétueux à la buée que la vague fait naître en se brisant, ces molécules liquides qu'Arago appelait « les poussières de l'Océan », abandonnent bientôt en se desséchant des molécules solides de chlorure de sodium bien plus petites encore. Aussi la pluie qui tombe loin des côtes contient-elle fréquemment, si ce n'est toujours, des indices très appréciables de sel marin.

Les vents, les ouragans, en agitant violemment l'atmo-

sphère, les courants ascendants dus aux inégalités de température, les volcans en émettant d'une manière incessante des gaz, des vapeurs et des cendres tellement divisées qu'elles vont s'abattre à de prodigieuses distances, portent et maintiennent dans les plus hautes régions, des corpuscules enlevés à la surface du sol ou arrachés à la partie interne et peut-être encore incandescente du globe. Dans les phénomènes liés à l'organisme des plantes et des animaux, ces substances si ténues, d'origines si diverses, dont l'air est le véhicule, exercent une action bien plus prononcée qu'on n'est porté à le supposer. Leur permanence est d'ailleurs mise hors de doute par le seul témoignage des sens, lorsqu'un rayon de soleil pénètre dans un lieu peu éclairé. L'imagination se figure non sans quelque dégoût tout ce que peuvent renfermer ces poussières que nous respirons sans cesse, que Bergmann appelait « les immondices de l'atmosphère »; elles mettent réellement en contact les êtres les plus éloignés les uns des autres, et, bien que leur nature, leurs effets, soient des plus variés, ce n'est pas s'avancer trop que de les considérer, dans quelques cas, comme une cause d'insalubrité.

Les composés nitrés sont formés pendant les orages, c'est ce qui est bien établi. Il reste à examiner si ces composés ne sont pas aussi produits par des actions électriques assez faibles pour rester inaperçues. Des faits curieux observés par Schœnbein tendent à faire croire qu'il en est ainsi, et qu'il n'est pas indispensable qu'une déflagration ait lieu dans les nuées pour opérer la combinaison de l'azote et de l'oxygène. Ainsi Schœnbein a vu l'eau absolument pure acquérir des traces d'acide nitrique ou d'acide nitreux par l'évaporation ou bien par l'exposition à l'air pendant quelques jours loin de toute habitation. Ajoutons que des corps en brûlant dans l'atmosphère forment des combinaisons nitrées. M. Jones les a reconnues dans la combustion de l'hydrogène, Schœnbein du-

rant l'oxydation lente du phosphore, et j'en ai rencontré dans les cendres laissées par le charbon de bois. M. H. Kammerer a reconnu la présence d'un produit nitré formé pendant la combustion du magnésium dans l'air atmosphérique ([1]).

Il ne faut pas oublier enfin que, même par un temps calme, sous un ciel pur, l'atmosphère possède une tension électrique. Suivant Horace de Saussure les nuages qui la traversent agissent comme des conducteurs et l'électricité qu'ils émettent au moment de leur passage n'est que celle qu'ils ont tirée des couches supérieures de l'air, puisque en lançant, en leur absence, un ballon, on a une forte électricité.

L'atmosphère des hautes montagnes est souvent électrisée. Horace de Saussure éprouva subitement sur la cime du Brévent une sensation singulière occasionnée par une nuée orageuse qui enveloppait le mont Blanc; on sentait un frissonnement, un sifflement. Un des voyageurs qui portait un chapeau garni d'un galon d'or entendait un bourdonnement inquiétant; en touchant un bouton de métal on en tirait des étincelles ([2]).

Suivant de Saussure, sur les plateaux de la Nouvelle-Espagne, lors des sécheresses excessives, l'électricité est d'une étonnante intensité et Fournet en rappelle la haute tension dans des conditions climatériques analogues ([3]).

A New-York, d'après le professeur Loomis, il arrive fréquemment en hiver que les cheveux se dressent; la nuit les vêtements en laine attirent les poussières, les tapis brillent quand on les traverse et l'on entend de légers craquements. Les boutons métalliques d'une porte envoient des étincelles à la main qui en approche. Ces phénomènes

---

([1]) *Deutsch. Chem. Ges. Ber. : Nitrogene Tetroxide.*

([2]) Horace de Saussure, *Voyages dans les Alpes*, t. III, p. 59.

([3]) *Ibid., Hydrologie du Mexique.*

sont si communs qu'ils n'excitent plus de surprise; déjà ils avaient fixé l'attention de Volney vers la fin du siècle dernier. Selon Livingstone, au printemps, lors des grandes sécheresses, les déserts de l'Afrique méridionale sont traversés, par un vent du nord, chaud, tellement électrisé que les plumes de l'autruche donnent de vives commotions.

En dépouillant de nombreux documents, Fournet a tiré cette conclusion qu'il y a une étroite relation entre les vents et ces grandes sources d'électricité réparties à la surface du globe ([1]), et il ajoute que l'air des couches supérieures est toujours le plus électrisé. C'est précisément ce que Mariano de Rivero a vu au Pérou, après nos recherches dans le Venezuela, sur le rameau oriental des Andes, près des affluents de l'Orénoque, dans les forêts du Choco. Ce n'est pas sans difficulté que nous réussissions à faire fonctionner l'électromètre dans ces zones humides. Il en fut autrement dans l'hémisphère austral.

Quelque temps après notre séparation, de Rivero m'écrivait de Lima :

« Voici quelques altitudes prises dans la Cordillère.

	Altitude.	
	m	
Alto de la Viuda	4610	
Antaryanga	4800	*portachuelo*
Alto de Biconga	4630	près d'un lac
Oyon	3620	village
Chonta	4465	mine de mercure
Cerro de Pasco	4350	mines d'argent
Santa Catalina	4400	mines d'argent
Chuquibamba	2720	alluvion aurifère
Miraflor	3670	Village
Huanno viejo	3680	résidence des Incas
Bellavista	3590	mine d'argent
Yauli	4160	village

([1]) FOURNET, *Sur les pays électriques.*

	Altitude.	
Tarma...............	3080m	ville
Reyes................	4060	village, lac Junin
Huancavelica.........	3800	ville
Mines de Huancavelica..	4500	mines de mercure
Alto de los Huesos.....	4140	passage de la Cordillère

Ce Tableau indique les localités où arrivent continuellement des voyageurs, des convois de marchandises; les *portachuelos* (passages), villes, villages, usines, situés à de grandes hauteurs. Chonta, altitude 4500m au-dessus de l'Océan, renferme une population permanente de 500 habitants attachés à l'exploitation des mines de mercure. Le sol est couvert de neige durant plusieurs mois, au lever du soleil le thermomètre se tient au-dessous de zéro ([1]). Chonta est probablement le lieu habité le plus élevé du monde. La mine de Huancavelica a, il est vrai, une altitude de 4560m, mais les ouvriers n'y séjournent pas toute l'année; ils sont établis dans la ville, à une hauteur de 3800m. C'est à la mine de Huancavelica que, dans les temps qui ont précédé la conquête, les Incas se procuraient le vermillon qu'ils employaient à se farder.

Dans ces parages, la respiration est pénible, on a des nausées, ce que les gens du pays appellent le *soroche,* et la *veta,* l'oppression que subit le mineur dans une galerie où l'air est vicié.

En temps d'orage, l'atmosphère est chargée d'une telle quantité de fluide électrique, que les cheveux se hérissent : c'est l'*avispa,* un bruit rappelant le bourdonnement des abeilles. Un cavalier prévient cet effet en élevant la bride au-dessus de sa tête et faisant ainsi une sorte de paratonnerre, ou en tenant verticalement un long bâton en contact avec le sol. Le *soroche* agit aussi sur les bêtes de somme,

---

([1]) — 3°, — 4°, — 6°.

leur poil se dresse, il sort des étincelles de toutes les parties de leur corps ([1]).

Les tensions électriques de l'air sur la cime des Alpes, dans les déserts de l'Afrique, aux États-Unis, au Pérou, se révèlent dans des conditions identiques, la sécheresse et l'agitation de l'atmosphère; si on les observe journellement, comme de Rivero l'a fait dans les districts des mines de Chonta et de Huancavelica, cela tient à ce que ceux qui les parcourent en ressentent les effets. Ce n'est pas là la limite de l'action du *soroche*, il est hors de doute que cette action s'exerce dans toute la Cordillère, sur les points où les conditions topographiques sont semblables à celles des mines de mercure, sur les esplanades de 3000^{m} à 4000^{m} d'altitude, bases des pics d'une grand hauteur, tels que, en allant du nord au sud,

L'alto de Lachagual	4720^{m}
Le volcan d'Arequipa	6190
Le cerro de Pichupichu	5700
Volcan d'Aconcaga (Chili)	6800

Ainsi nous voyons que, sur toute la longueur de la chaîne des Andes, il est une zone d'air électrisé, très faiblement sans doute, à une tension non comparable à celle résultant du voisinage ou de la rencontre des nuées orageuses : c'est la tension de l'électricité atmosphérique, ayant toutefois, malgré son peu d'intensité, le pouvoir de déterminer la formation de l'acide nitrique, de l'acide nitreux, de l'am-

---

([1]) Le *soroche* est un minerai pyriteux, la *veta* est le nom d'un filon (*).

(*) Voici un extrait d'une lettre de M. Rivero :

« Observase en estos lugares que los transuntes respiran con dificultad y se encuentran molestados con un fuerte dolor de cabeza, con nauceas, y un desfallecimiento en todo su fisico; llamase esta enfermad *soroche* o *veta*. Los animales, cuando suben cargados la Cordillera, no estan eceptuados de padecerla; tambien se electrizan cuando se comienza a formar una tempestad que se herizan los cabellos y se despiden chispas por todo el cuerpo. Curanse de la enfermad, tomando caldo con agi y refringando en las orejas de los animales ajos y cebollas o echando un poco de aguardiente en los oidos.

» Precavense de electrisarse, formando un pararayo con la punta de la rienda del freno, ô con aston que sostienen perpendicularmente. »

moniaque, comme Schœnbein l'a vu en exposant de l'eau pure à l'air, par un temps serein. Quelle que soit l'infinie proportion des produits nitrés dus à cette circonstance, si l'on considère l'immensité du milieu gazeux où ils se forment, on est amené à répéter ce que déjà on a dit, que l'océan aérien est la source principale des composés azotés intervenant dans la vie des organismes existant sur le globe.

Terminons cette étude sur l'électricité développée dans une atmosphère sèche en rapportant ce qui a été constaté durant une expédition dans le désert de Koum (Perse).

Un voyageur s'aperçut que les bêtes de somme de la caravane semblaient marcher dans une nuée d'étincelles. Ce singulier effet était produit par cette circonstance, que les chevaux battent leurs flancs avec leur queue pour se débarrasser des mouches qui les obsèdent, même la nuit. Au contact de ces poils fortement desséchés, en raison de l'état hygrométrique de l'atmosphère spécial aux plateaux de l'Iran, se dégagent des corps des animaux de nombreuses phosphorescences.

Un guide, en déchirant lentement une feuille de papier, fit naître une traînée lumineuse assez intense pour retrouver, au milieu du sable, des graines qu'il y avait jetées ([1]).

A la surface de la mer les fucus fonctionnent comme s'ils étaient dans l'air, en accomplissant la série de phénomènes découverts à la fin du siècle dernier et qu'on peut résumer ainsi :

Priestley aperçoit des bulles d'air vital s'échappant d'algues vertes submergées.

Ingenhousz remarque que le dégagement des bulles a lieu seulement à la lumière.

Sennebier montre que l'air vital, le gaz oxygène émis

([1]) Mme Dieulafoy, *La Perse, la Chaldée, la Susiane* (*Tour du Monde*, 2e semestre 1883, p. 97).

par la plante verte, est le résultat de la décomposition de l'acide carbonique que l'eau tient en dissolution lorsqu'elle est exposée à l'atmosphère. Cet acide, qui entre dans la constitution de l'air, est la source du carbone fixé dans les végétaux, comme l'ont fait ressortir les recherches de Théodore de Saussure, en même temps qu'elles révélèrent deux faits imprévus, à savoir que le gaz acide carbonique n'entre que pour quelques $\frac{10}{1000}$ dans le milieu où une plante se développe et que son effet utile a une limite assez circonscrite. Ainsi, des végétaux prospérant dans une atmosphère confinée où il y aurait $\frac{1}{12}$ d'acide carbonique, périront dès que la proportion sera plus forte.

En discutant ces importantes observations, j'ai constaté que les feuilles maintenues à la lumière solaire dans de l'acide carbonique absolument pur, ne le décompose pas, mais qu'il y a décomposition quand ce gaz est mêlé soit à du gaz azote, soit à du gaz hydrogène, du gaz oxyde de carbone ou du gaz des marais.

Quoique la décomposition du gaz acide carbonique par les parties vertes des végétaux soit en réalité une dissociation, une séparation du carbone et de l'oxygène, on trouve qu'elle a certainement une analogie avec un phénomène tout différent par les résultats, l'union, l'association d'un combustible avec l'oxygène, par exemple, la combustion lente du phosphore :

1° A la température et à la pression ordinaires dans l'air atmosphérique, le phosphore s'oxyde; il y a dégagement de vapeurs blanches mélangées d'acide phosphoreux et d'acide phosphorique, lumineux dans l'obscurité.

2° Le phosphore placé dans le gaz oxygène pur ne devient pas lumineux.

3° Le phosphore mis dans l'oxygène, mêlé soit à du gaz azote, soit à du gaz hydrogène, du gaz oxyde de carbone ou du gaz des marais, brûle lentement, comme s'il était dans l'air : il y a phosphorescence.

Cet effet singulier de l'intervention des gaz inertes sur un gaz pouvant devenir actif, on le retrouve pour l'acide carbonique, lorsqu'il s'agit d'un phénomène de dissociation ou d'association. L'addition de ce gaz diminue en réalité la pression du gaz actif. On sait que la pression est une fraction de la pression totale d'un mélange gazeux. Ceci est si vrai qu'il est possible de remplacer la distension par l'introduction d'un gaz inerte déterminant un changement dans la tension du gaz actif. En voici la preuve : un bâton de phosphore ne brûle pas dans l'oxygène lorsque ce gaz est à la pression de $0^m, 76$, mais qu'on l'abaisse graduellement à $0^m,2$, aussitôt le gaz raréfié devient comburant.

On a fait aussi cette expérience : des feuilles placées dans du gaz acide carbonique pur à la pression normale n'exercent aucun effet; mais, quand on abaisse la pression, on constate immédiatement l'apparition de l'oxygène comme si le gaz carbonique eût été mêlé à un gaz inerte.

Les fucus à feuilles vertes flottant dans l'Océan décomposent l'acide carbonique pour en assimiler le carbone, tant qu'ils reçoivent de la lumière; mais l'assimilation cesse lorsque les rayons solaires ne pénètrent plus dans la masse liquide, c'est-à-dire à quelques centaines de mètres au-dessous de la surface. Cependant la végétation, et la vie qui en est la conséquence, ne persiste pas moins dans les régions obscures, et cela avec une grande énergie. Les naturalistes, durant les récentes expéditions maritimes, ont ramené par des sondages des poissons vivant à des profondeurs de plus de 5000^m. Dans ces abîmes, les organismes doivent trouver leurs éléments parmi les détritus, les épaves d'êtres ayant vécu dans les zones éclairées.

Cette apparition de la végétation, de la vie en l'absence de la lumière, est un fait remarquable. On se rappellera qu'elle ne se manifeste pas uniquement au fond des océans, mais aussi sur la terre, et l'on mentionnera, à ce sujet, une

discussion survenue, il y a quelques années, à l'Académie des Sciences.

On sait qu'il est des plantes d'un ordre inférieur qui n'ont nul besoin de la chlorophylle, ni de la radiation solaire pour former les matières que l'on trouve dans les êtres supérieurs du règne végétal; cependant il n'est aucune cellule, si elle ne possède la faculté de dissocier le gaz acide carbonique, qui puisse constituer un principe immédiat carboné. Il est toutefois facile d'établir que le rôle de protoplasme coloré en vert, considéré comme l'organe de l'assimilation dans les feuilles, fonctionnant à la lumière, s'étend indirectement, mais certainement, aux organes des plantes dépourvues de chlorophylle, vivant à l'obscurité. Pour bien comprendre, il convient de connaître le résultat d'une recherche exécutée autrefois.

Des graines d'un *Helianthus* furent mises dans du sable quartzeux préalablement calciné, humecté d'eau pure et incorporé à du salpêtre, à du phosphate de chaux, à des cendres, venant de la combustion du foin. En trois mois, les plantes acquirent la même dimension, la même vigueur que des *Helianthus* cultivés dans la terre du jardin.

En terminant le récit de cette observation, on faisait remarquer combien il est curieux de voir un végétal se développer, mûrir, parvenir, en un mot, à l'état normal quand les racines fonctionnent dans du sable, ayant à la place de débris organiques en voie de putréfaction qu'on rencontre dans une terre, des sels tirés du règne minéral, et, sans autre auxiliaire, croître, en assimilant le carbone de l'atmosphère, en organisant avec le radical de l'acide nitrique, de l'albumine, les principes azotés du lait, du sang, de la chair musculaire. Il est vrai que les plantes vivant à l'obscurité forment les mêmes matières carbonées que celles venues avec le concours de la lumière; toutefois, cette formation est réalisée dans des conditions bien différentes. Dans un cas, le carbone a pour origine l'acide car-

bonique de l'air; dans l'autre, un être organisé vivant ou mort. En d'autres termes, les végétaux sans chlorophylle, tels que les champignons, les cellules de levure, les mucédinées, sont des parasites dont l'existence dépend d'un organisme qui leur est étranger, et dont les éléments dérivent indubitablement d'une plante ayant été soumise à l'influence de la radiation solaire. L'existence de ces parasites dans un lieu obscur, où leurs cellules font naître des principes immédiats semblables à ceux produits à la clarté du jour, loin d'être une exception, est une confirmation des rapports nécessaires de la lumière avec la végétation, de sorte que, si la radiation solaire cessait, non seulement les plantes vertes, mais encore celles qui sont sans couleur disparaîtraient. Tout en reconnaissant que le fait essentiel de la vie végétale est la dissociation du gaz acide carbonique, on a prétendu que la production de tous les organismes n'était pas nécessairement subordonnée à l'action de la lumière; on admettait que sans cette intervention l'existence des grands végétaux serait impossible, mais que celle de certains êtres pourrait néanmoins se réaliser; on en donnait comme preuve des cellules naissant aux dépens de combinaisons résultant de simples réactions chimiques.

On citera textuellement les paroles de M. Pasteur :

Une graine impondérable de *Mycoderma aceti,* déposée dans un milieu minéral où l'aliment carboné unique est une substance organique très éloignée de l'organisme, puisque cette substance est de l'alcool, fournit un poids de matière organique quelconque, formée des principes immédiats les plus variés et, qu'on le remarque bien, infiniment plus complexes que l'aliment carboné, l'alcool, dont tout le carbone de ces principes est sorti sous l'influence de la vie de la semence (1).

On a répondu ceci : que les faits rapportés par M. Pasteur

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences,* séance du 10 avril 1876.

rentrent dans la règle générale; car l'acide acétique développé dans le milieu où vivait le *Mycoderma* venait de l'alcool. Or cet alcool dérivait évidemment de sucre constitué par une plante à chlorophylle exposée au soleil; d'où il suit que le carbone de ce sucre, comme celui des autres matières apparues pendant la fermentation acétique, avait été séparé de l'acide carbonique atmosphérique par l'action de la lumière (¹).

Ces faits conduisent à cette conclusion que ce n'est pas uniquement les êtres tombés dans les régions sous-marines, après avoir vécu à la surface, qui sont la nourriture des animaux des zones inférieures, mais aussi des plantes sans chlorophylle, des parasites formés en l'absence de la lumière. C'est ce qui permet de comprendre, contrairement à ce que l'on croyait autrefois, pourquoi il y a au sein des eaux un monde inconnu.

Dans une des séances publiques de l'Académie des Sciences, M. A. Milne-Edwards a rappelé les observations faites dans ces dernières années sur les profondeurs dans lesquelles vivent certains animaux marins (²).

Voici quelques passages du Mémoire de notre savant Confrère :

Il y a vingt-cinq ans, un célèbre naturaliste anglais, Thomas Bell, écrivait les dernières pages d'un Ouvrage consacré à l'histoire des Crustacés de la Grande-Bretagne. Il croyait avoir élevé un monument durable et il se flattait que ses successeurs auraient peu de choses à ajouter à celles qu'il avait fait connaître, que les mers de l'Europe occidentale, disait-il, avaient été si bien étudiées, qu'il faut renoncer à l'espoir d'y trouver encore des êtres qui aient échappé aux recherches.

(¹) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, séance du 24 avril 1876, extrait de l'*Agronomie*, t. VI, p. 248.

(²) Les explorations des grandes profondeurs de la mer faites à bord de l'aviso *le Travailleur*.

Combien il aurait été étonné en apprenant que des découvertes inattendues révéleraient dans les eaux tout un monde d'êtres inconnus. Les faits nouveaux dévoilés depuis cette époque ont profondément modifié les idées qui avaient cours dans la Science. On pensait que la vie est impossible dans les abîmes de la mer, condamnés à l'obscurité, à la solitude et à l'immobilité. On aurait été fort mal venu à exprimer un doute à cet égard, et les hommes les plus compétents auraient donné des raisons excellentes pour prouver que les lois de la nature s'opposent à l'existence d'êtres animés dans les conditions réalisées au fond de l'Océan. C'était la pression qu'une colonne d'eau de plusieurs milliers de mètres exercerait sur des organismes délicats, c'était l'absence de la lumière, la lenteur du renouvellement de l'eau, c'était enfin le manque d'algues et de toute matière végétale. A ceux qui seraient encore restés incrédules, ils auraient d'ailleurs répondu que l'expérience était d'accord avec la théorie et qu'un éminent professeur d'Édimbourg, Ed. Forbes, avait constaté, à la suite de nombreux sondages, que, dans la mer Égée, les animaux, très abondants près de la surface, deviennent de plus en plus rares à mesure que l'on atteint les couches profondes, et qu'au delà de 450^{m}, on ne trouve plus aucun être vivant.

Devant tant de preuves, il fallait se déclarer convaincu et admettre ce que démontraient la théorie et l'expérience; aussi plusieurs observations faites à diverses époques par des navigateurs habiles passèrent-elles inaperçues. Lorsque le capitaine Ross et plus tard Wallich ramenèrent quelques animaux sur les cordes de leurs sondes descendues à une profondeur de plus de 1000^{m}, on supposa que ces êtres avaient été accrochés au passage, au moment où ils nageaient près de la surface, ou qu'ils avaient coulé à fond après leur mort et que c'étaient des cadavres ou des débris qui s'étaient attachés à l'appareil sondeur.

En 1861, des observations faites sur le câble télégraphique jetèrent quelque lumière sur la question de la distribution de la vie dans les abîmes de la mer. Des fragments brisés du câble jeté entre la Sardaigne et l'Algérie purent être examinés; ils étaient encore couverts de leurs habitants provenant d'une profondeur de plus de 2^{km}, ayant vécu là, bien plus y étant nés et s'y étant

développés. On en avait la preuve en voyant de véritables familles de polypiers, composées d'individus de tous les âges, dont le pied s'était moulé sur la surface du câble. Le fait par lui-même était d'un grand intérêt; mais il en prenait plus encore à raison des caractères de ces animaux. Les uns n'offraient aucune ressemblance avec les espèces littorales de la Méditerranée, et leurs formes étaient inconnues; d'autres avaient déjà eu des représentants aux époques géologiques et avaient été trouvés à l'état fossile dans les terrains tertiaires de Sicile et d'Italie, mais les zoologistes n'avaient pas encore constaté leur présence dans les mers actuelles; d'autres enfin étaient considérés comme de véritables raretés sur les côtes méditerranéennes.

Ces observations ont été communiquées à l'Académie il y a plus de vingt-cinq ans, mais elles ne purent être étendues et confirmées que longtemps après. Pour les poursuivre, il aurait fallu des moyens d'action dont ne disposent pas les hommes de Science et que les laboratoires ne peuvent leur fournir. L'intervention de l'État était nécessaire et un navire pourvu d'outillages puissants était indispensable pour fouiller le lit des mers. Avant nous, la Suède, l'Amérique, l'Angleterre, ont envoyé des bâtiments parcourir l'Océan pour en sonder les mystères. En France, le Gouvernement ne pouvait rester étranger à ce grand mouvement scientifique et devait concourir à la solution des problèmes que les autres peuples mettaient à l'étude, et, en 1880, un aviso à vapeur, *le Travailleur,* fut armé dans le port de Rochefort, pourvu de tous les appareils nécessaires et mis à la disposition d'une Commission pour aller scruter les profondeurs des eaux.

La première année, le *Travailleur* borna ses recherches au golfe de Gascogne, c'était une campagne d'essai. Le succès dépassa toutes les espérances, et, dès les premiers jours, les sondes, les dragues fonctionnèrent à merveille; les filets rapportaient des animaux inconnus pêchés à plus de 3000^{m} de profondeur. La seconde année, les naturalistes du *Travailleur* étendirent le champ de leurs recherches jusque dans le bassin occidental de la Méditerranée. Les côtes de la péninsule ibérique, de la Provence, de la Corse, de l'Algérie et du Maroc, ainsi que le détroit de Gibraltar, furent successivement visités et fournirent un contingent impor-

tant de faits nouveaux d'une valeur incontestable. Cet été, notre vaillant petit navire s'est avancé jusqu'aux îles Canaries et la moisson a été plus riche encore que les années précédentes.

Nous avons atteint dans le golfe de Gascogne des profondeurs de plus de 5000^{m} et nous en avons encore retiré des animaux vivants.

Ces opérations sont difficiles à conduire; il faut qu'elles se fassent par une mer calme. Aussi la grande préoccupation à bord du *Travailleur* était l'état du ciel, la direction du vent, la marche du baromètre. Il fallait des manœuvres longues et délicates pour dégager nos appareils quelquefois accrochés par des roches aiguës et quand une vague soulevait brusquement l'arrière du bâtiment au moment où le câble était fortement tendu, elle en amenait la rupture et la perte pouvait être irréparable. Parfois les filets revenaient vides, soit que le lit de la mer ait été inhabité, soit que les appareils n'aient pas atteint le fond, mais le plus souvent ils étaient chargés de trésors zoologiques; aussi, quand après des heures d'attente la lourde drague remontait lentement, c'était avec une vive émotion que nous cherchions à deviner de loin, à travers la transparence de l'eau, les surprises qui nous étaient réservées.

La vie abonde dans ces vallées sous-marines restées si longtemps fermées aux investigations. Ce ne sont pas les animaux des côtes qui descendent s'y réfugier; elles sont habitées par d'autres espèces, dont les formes étranges étonnent les naturalistes. La population des gouffres de l'Océan n'a rien de commun avec celle des eaux superficielles. Il y a là deux couches sociales superposées l'une à l'autre; elles se tiennent chacune dans leur domaine, sans se connaître et sans se mélanger. Les couches inférieures n'ont aucune aspiration à s'élever pour occuper la place des couches supérieures, et ces dernières ne peuvent changer de milieu; leur organisation s'y oppose. Les conditions de la vie des unes ne sont pas celles des autres; c'est ce qui en rend l'étude doublement instructive.

Pour recevoir les innombrables espèces que les explorations sous-marines ont fait connaître, les zoologistes ont dû beaucoup élargir les cadres de leurs classifications. Ils voyaient, avec sur-

prise, des centaines de formes animales nouvelles s'intercaler entre des types organiques que l'on supposait fort distincts et que ces jalons intermédiaires rattachaient, au contraire, étroitement. Ce ne sont pas des représentants déshérités du règne animal qui sont ainsi relégués dans les abîmes; on y trouve des êtres très parfaits, et les poissons sont loin d'y être rares. Sur la côte du Portugal, à peu de distance de l'embouchure du Tage, le *Travailleur* avait jeté ses lignes sur un fond de 1500^m. En quelques heures, vingt et un requins furent capturés; non pas des monstres énormes comme ceux qui suivent les navires à la recherche d'une proie, mais des poissons d'une taille encore fort respectable et de plus de 1^m de longueur. Evidemment ils vivent là en grandes troupes, mais jamais ils ne quittent leurs retraites, jamais on ne les voit près de la surface ou sur les rivages. Les crustacés, les mollusques, les zoophytes sont abondants, et quelques-uns atteignent des dimensions colossales comparées à celles des espèces des mêmes groupes zoologiques qui habitent la surface.

La nature semble avoir oublié dans le fond des mers certains animaux qui vivaient déjà aux époques géologiques et qui constituent aujourd'hui les derniers survivants d'une faune ancienne. On peut suivre fort loin la généalogie de quelques-unes de ces espèces; on a même cru un instant qu'on trouverait, cachés sous les eaux, les êtres dont les dépouilles se sont conservées dans les dépôts des époques secondaire et primaire, et que les bélemnites, les ammonites, peut-être même les trilobites, habitaient quelques coins ignorés de l'Océan. On a dû renoncer à l'espérance de les y découvrir; néanmoins il est impossible de ne pas être frappé des analogies qui existent entre les dépôts actuels de nos vallées sous-marines les plus profondes et ceux qui datent de la période crétacée. Des organismes infiniment petits, que l'on nomme des foraminifères, s'y accumulent en nombre tellement considérable, qu'ils constituent de puissantes assises ayant tous les caractères des bancs de craie du bassin parisien. Les dragues du *Travailleur* rapportaient souvent des milliards de ces êtres microscopiques à enveloppe rigide d'une remarquable élégance, et, dans le golfe de Gascogne, près de la côte d'Espagne, 1^{cc} de limon, puisé à 1100^m de la surface, contenait plus de 100000 de ces foraminifères. Peu

à peu, leurs dépouilles forment des masses épaisses qui ensevelissent les animaux vivant sur le fond ; c'est ainsi que les étoiles de mer, les oursins, les éponges et tant d'autres, sont enfouis peu à peu et préparent les fossiles de l'avenir.

Quelques naturalistes, frappés de la puissance des manifestations de la vie dans les abîmes de l'Océan, avaient pensé que le berceau de la matière animée s'y trouvait caché. Ils avaient cru le découvrir, et leur imagination avait assigné un rôle des plus importants à une sorte de gelée molle et assez semblable à du blanc d'œuf, que les dragues ramassent parfois sur le limon des grandes profondeurs. A leurs yeux, cette gelée était de la matière vivante en voie d'organisation spontanée ; c'était un intermédiaire entre les corps inertes et les corps animés, c'était une ébauche grossière qui, plus tard, à la suite de transformations graduelles, devait produire des épreuves plus parfaites. Ils lui avaient donné un nom, celui de Bathybius, et une place dans leurs classifications, à côté des monères.

A bord du *Travailleur*, on s'était promis de ne rien négliger pour trouver et étudier le Bathybius. La recherche n'a pas été difficile. Souvent, au milieu de la vase, nous avons vu cette substance énigmatique ; nous l'avons soumise à l'examen du microscope. Le Bathybius n'est qu'un amas de mucosités que les éponges et certains zoophytes laissent échapper quand leurs tissus sont froissés par le contact trop rude des engins de pêche.

La lumière solaire pénètre difficilement à travers les couches de l'eau la plus transparente, et, au-dessous de quelques centaines de mètres, l'obscurité doit être complète. Comment donc se dirigent les animaux si variés qui y vivent? Les uns sont aveugles; ils marchent à tâtons et ils n'ont pour se guider que les perceptions du toucher, de l'odorat ou de l'ouïe; aussi remarquons-nous que, par un juste système de compensation, certains organes se développent outre mesure; les antennes de plusieurs crustacés dépourvus d'yeux sont d'une longueur extraordinaire : c'est le bâton de l'aveugle. D'autres animaux ont, au contraire, des yeux énormes et resplendissants de phosphorescence; ils portent ainsi partout avec eux un foyer lumineux qui explique le développement de leur appareil visuel. Cette phosphorescence s'étend sou-

vent sur presque toute la surface du corps, et beaucoup d'espèces, surtout les étoiles de mer, les polypiers branchus et bien d'autres étincellent dans l'obscurité.

Une nuit, notre filet remontait à bord, chargé de zoophytes rameux de la famille des Isis. Ils émettaient des lueurs d'un admirable effet; des éclairs verdâtres s'allumaient tout à coup pour s'éteindre et se rallumer encore, courant sur les tiges de ces coraux et s'y succédant avec une telle rapidité et une telle intensité, qu'il nous était possible de lire à la clarté de ce singulier flambeau.

On admet généralement que la couleur est inséparable de la lumière et que les êtres qui ne voient jamais le soleil sont de nuances sombres ou pâles et effacées. Ils n'en est pas toujours ainsi, car, dans les parties les plus obscures de l'Océan habitent des animaux dont les teintes brillent d'un vif éclat; le rouge, le rose, le pourpre, le violet et le bleu sont répandus avec profusion. La plupart des crevettes qui foisonnent au fond des eaux sont d'une riche couleur carminée. Des Holothuries énormes ont l'aspect de l'améthyste, et une grande étoile de mer dépasse en beauté celles qui sont répandues sur nos côtes; l'élégance de ses formes, ses vifs reflets orangés en font une véritable merveille. Découverte dans les mers du nord par un naturaliste norvégien qui est aussi un poète distingué, elle a reçu de lui le nom de Brisinga. Ce nom, dans les légendes scandinaves, est celui de l'un des bijoux de la déesse Fréja et c'est en effet un charmant bijou que cette étoile des fonds de l'Océan.

Si les animaux pullulent jusque dans les régions les plus reculées des mers, les plantes en sont exclues; ces algues aux frondes vertes, rouges et violettes, si communes près des rivages, ne sauraient vivre dans l'obscurité, et elles cessent de se montrer dès qu'on descend au delà de 250^{m}. Où donc les animaux des abîmes puisent-ils leur nourriture, puisqu'ils ne sauraient la constituer de toutes pièces aux dépens des éléments minéraux? Les végétaux seuls peuvent, avec les gaz de l'air et les corps inertes, élaborer les matières organiques qui servent ensuite à l'alimentation des animaux herbivores, et, par leur intermédiaire, à celles des espèces carnassières. Il faut donc que la nourriture, préparée à la surface,

sous l'influence des rayons solaires, tombe peu à peu comme une sorte de manne dans les déserts sous-marins où aucune plante ne peut croître.

A mesure que l'on s'élève sur les flancs d'une haute montagne, on sent le froid devenir de plus en plus vif; de même, quand on s'enfonce dans la mer, on atteint peu à peu des couches presque glacées. Les grandes vallées de l'Océan sont traversées par des courants qui, partant des pôles, se dirigent vers l'Équateur. Au voisinage des îles Canaries, nos thermomètres, plongés à 4000^{m}, ne marquaient que $+ 2°$, tandis que la température de l'eau qui nous entourait était de $+ 25°$. Il en résulte que les conditions d'existence, si variées près des côtes, suivant le climat, deviennent uniformes à une certaine distance de la surface, et que les mêmes animaux peuvent alors habiter au nord et au sud, près des pôles et sous l'Equateur, pourvu qu'ils sachent se maintenir dans la couche dont la température leur convient. Ne nous étonnons donc pas si le *Travailleur* a trouvé, dans les profondeurs du golfe de Gascogne ou sur les côtes de la péninsule ibérique, à côté d'espèces que l'on croyait particulières aux régions du nord, d'autres espèces qui n'avaient encore été signalées que dans la mer des Antilles.

L'Océan nous a déjà beaucoup appris, mais il est loin de nous avoir révélé tous ses secrets, et ce que nous avons vu est de nature à déterminer de nouvelles explorations.

MER MORTE OU LAC ASPHALTITE.

La mer Morte ou lac Asphaltite, située en Palestine, est ainsi nommée à cause de son degré de salure qui ne permet pas aux poissons de vivre dans ses eaux, et parce que, de temps à autre, on voit flotter à sa surface des masses de bitume; elle est la limite d'une énorme crevasse dans laquelle le Jourdain coule à un niveau bien inférieur à celui de l'Océan. Cette forte dépression du sol, sur un point assez étendu de la Syrie australe, à une distance de 50 à 60 milles de la Méditerranée, est, comme l'a dit Humboldt, un phénomène si extraordinaire, que ceux-là

même qui l'ont constaté ont tout d'abord douté de la précision de leurs observations.

La mer Morte, dans sa plus grande longueur, dirigée du nord au sud, a 41 milles marins, et 9 milles dans l'endroit le plus large, qui se trouve, à très peu près, au milieu. Le point le plus rétréci n'a que 2 milles; ce détroit est formé par un promontoire lié à la côte orientale, à peu de distance de l'extrémité sud, là où sont les ruines de Sodome, près de la montagne de sel d'Usdum.

Dans les vingt dernières années, plusieurs tentatives de navigation ont été faites par de hardis voyageurs et malgré la tradition arabe qui dit : « Si l'on tient à la vie, on ne doit pas s'aventurer sur cette mer. »

En 1835, un Irlandais, M. Cottigan, avec un seul compagnon, descendit le Jourdain dans une petite embarcation qu'il avait apportée de la Méditerranée. Après avoir abordé à l'extrémité sud du lac, en exécutant des sondages, il tomba malade, au bout de cinq jours de navigation, et alla mourir d'épuisement à Jérusalem. Le journal de Cottigan n'a pas été retrouvé.

A la fin de mars 1837, MM. G.-H. Moor et W.-G. Beek conduisirent, avec des peines infinies, de Jaffa à Jéricho, en passant par Jérusalem, la barque dans laquelle ils naviguèrent. Jusqu'au 17 avril, ils se livrèrent à des opérations trigonométriques, exécutèrent de nombreux sondages. C'est à eux seuls que l'on doit la première notion de la dépression du bassin de la mer Morte, qu'ils avaient conclue de la température du point d'ébullition de l'eau. Abandonnés par les Arabes qui les accompagnaient, accablés par la maladie, ils furent obligés de renoncer à leur entreprise. M. Beek retourna en Europe et M. Moor passa en Égypte.

Au mois d'avril de la même année, un savant allemand, M. Schubert, de retour de la Palestine, se trouvait dans la vallée du Jourdain; son baromètre indiqua une dépres-

sion de 173^{m} au lac de Tibériade; à l'embouchure du fleuve, l'échelle de l'instrument devint trop courte pour y mesurer l'ascension du mercure. M. Schubert fut très étonné de voir flotter sur le lac un canot abandonné portant les couleurs britanniques.

M. de Berton, que le hasard mit en relation avec M. Moor, vérifia en 1837 et 1838, par des observations barométriques, le fait de la dépression qu'avaient signalé les deux voyageurs anglais. Ensuite le lieutenant Simond, par une triangulation terminée en 1841, a définitivement adopté 400^{m} pour la différence du niveau entre les deux mers, nombre que confirmèrent les mesures barométriques faites plus récemment par un naturaliste autrichien, M. Russeger [1].

L'année 1847 compta une nouvelle victime du lac Asphaltite, le lieutenant Molyneux, mort à Beyrout par suite du mal qu'il avait contracté en naviguant pendant quelques jours seulement dans le canot avec lequel il avait descendu le Jourdain. Molyneux fit de nombreux sondages, dont plusieurs donnèrent une profondeur de 1266 pieds parisiens, et l'armature de la sonde, dans une occasion, apporta du fond du lac plusieurs morceaux de sel.

L'expédition qui a jeté le plus de lumière sur le climat et la topographie de la mer Morte, est, sans aucun doute, celle que commandait le lieutenant Lynch de la marine des États-Unis [2].

Le 18 avril 1847, à 3^{h} de l'après-midi, les deux canots de l'expédition passèrent de l'embouchure du Jourdain sur la mer Morte, alors violemment agitée; l'eau, chassée par le vent du sommet des vagues, couvrait les armes, les vêtements d'un dépôt salin dont l'âcreté causait une sensation extrêmement pénible sur les lèvres et surtout dans

---

(1) M. Le Vigne, en 1864, a trouvé 392^{m}, altitude de Jérusalem.

(2) *Narrative of the expedition to the river Jordan and the Dead sea;* seconde édition, London 1850.

les yeux. Malgré une tempête dans une enceinte resserrée de montagnes noires et arides, d'où coulent des sources sulfureuses d'une extrême fétidité, l'équipage ne perdit pas courage, car, comme l'écrit le commandant Lynch, l'étonnement frappe, mais n'épouvante pas. La mer se calma aussi rapidement qu'elle s'était gonflée, et, en moins de vingt minutes, les embarcations, en voguant vent arrière, s'éloignèrent d'un lac qui menaçait de les engloutir. De l'embouchure de la rivière on vit le soleil se coucher, en laissant des nuages roses sur la côte de Judée, tandis que les pics de la chaîne de Moab restaient cachés dans une profonde obscurité. La mer étant en repos, on pouvait vérifier la ressemblance que lui attribuent les Arabes avec le plomb fondu quand elle est dans cet état d'immobilité.

Le 20 avril, dans la matinée, par une légère brise du sud, la température de l'air était de 27°,8; à $10^h 30^m$, la mer avait l'apparence d'un miroir, tant elle était tranquille; on vit dans la tente dressée sur la côte, le thermomètre s'élever à 31°,7. A 5^h de l'après-midi, le vent venant du nord, la température tomba à 26°,7.

A $8^h 30^m$ du soir, la nuit étant très obscure, la mer se couvrit d'une écume phosphorescente, et les vagues, en se brisant, éclairaient d'une lumière sépulcrale le bois mort et les blocs de rochers épars sur la plage.

La sonde rapporta plusieurs fois, mêlés au sable ou à l'argile du fond, des cristaux cubiques de sel marin.

Le 21 avril on trouva, sur la côte occidentale, une source d'eau douce ayant une température de 23°,9; c'était près de Ain-Turâbeh, où croissent des *Pistachia terebinthus*. Le sable supportait un dépôt de soufre. A 6^h du soir, température 21°,1.

Le 22 avril, la matinée paraissait très froide, le thermomètre à 6^h marquait 21°,1.

Le 23 avril, à 6^h du matin, température 21°,1; à 7^h, 28°,9; à $7^h 30^m$, 29°,4. La nuit avait été calme avec une

légère brise du nord, néanmoins on sentit une odeur hépatique. M. Lynch fait observer que l'infortuné Molyneux perçut la même odeur, une nuit qu'il passa sur le lac, et comme l'eau de la mer ne sent absolument rien, il attribue cette odeur aux sources sulfureuses et aux marais environnants.

Le 24 avril, à $4^h 45^m$ du matin, température 25°,6, léger vent du nord. Près de la côte, la sonde a rapporté des cubes de sel marin. On vit une caille morte flottant sur la mer et des myriades de sauterelles couchées sur la plage. On observa aussi du sable imprégné de sel et de bitume, au nord de la péninsule qui divise la mer Morte presque en deux zones, très inégales d'ailleurs, la plus petite se trouvant vers l'extrémité sud. Le bois sec qu'on rencontra sur la côte était tellement imprégné de sel, que l'équipage ne parvint pas à le faire brûler.

A $1^h 30^m$ de l'après-midi, le vent étant très faible, on ressentit l'odeur sulfureuse, et chacun de nous, dit le lieutenant Lynch, eut à résister à un sentiment d'abattement. A 6^h du soir, température 33°,3, on reconnut l'Arnon, ruisseau considérable d'eau fraîche, coulant entre des bancs de grès rouge, et dans lequel on aperçut de petits poissons. Durant la nuit, par une chaleur étouffante, on ressentit une odeur de soufre très prononcée.

Le 25 avril, à 9^h du matin, température 31°,7. Près de la partie sud du lac, la sonde amena d'une très petite profondeur une argile brune mêlée à du bois décomposé et des membranes de feuilles. Sur la côte, on reconnut des couches de calcaire, et la plage était jonchée d'innombrables sauterelles, on trouva aussi des morceaux de bitume.

A 8^h du soir, température 27°,8. A 9^h, 30°.

A minuit, le siroco se fit sentir, et la température s'éleva à 31°,1.

Le 26, à 4^h du matin, température 30°. On était alors à peu de distance de la montagne d'Usdum.

« C'était, dit le lieutenant Lynch, une scène de désolation. D'un côté s'élevait l'importante montagne de sel, de l'autre les rochers stériles de Moab où Loth trouva un abri; au sud, la plaine de sel où les Israélites défirent plusieurs fois leurs ennemis, et au nord, la mer, calme, immobile, que voilait un brouillard pourpre, recouvrait les ruines de Sodome et de Gomorrhe. L'éclat de la lumière blessait la vue, et l'on respirait avec difficulté dans une atmosphère embrasée. Pas un oiseau ne fendait cet air raréfié, à travers lequel le Soleil dardait le mystérieux élément sur lequel nous voguions, et qui seul, de toutes les œuvres du Créateur, ne contient pas un être vivant. »

L'attention des voyageurs fut attirée par une masse de sel isolée, une sorte de pilier rappelant celui que mentionne l'historien Josèphe, comme étant, suivant la tradition, la statue de la femme de Loth. M. de Saulcy, qui a visité Usdum, fait observer à cette occasion que, sans chercher beaucoup, on trouverait très probablement plus de deux cents femmes de Loth, les blocs de sel isolés, cylindriques, étant assez communs dans le voisinage des grands dépôts salifères.

La sonde indiqua un fond d'argile, et sur la plage formée d'un sable cimenté par du sel, on apercevait çà et là de gros morceaux de bitume.

L'expédition fixa la position géographique de l'extrémité sud de la montagne d'Usdum, placée en ce moment plus au sud que la limite australe de la mer; limite d'ailleurs très variable, comme l'observe le lieutenant Lynch : car dans l'hiver, elle avance au sud lors des crues du Jourdain et l'affluence des torrents, pour rétrograder vers le nord par suite de l'évaporation rapide que les eaux du lac éprouvent pendant l'été. Par la configuration du bassin, on voit que c'est, en effet, vers le sud, à partir de la péninsule, que la mer Morte doit surtout s'épancher lorsque son volume augmente. Les eaux, en disparaissant, laissent sur les

plages qu'elles ont envahies, d'épaisses couches de sel qu'on exploite dans plusieurs localités; Seetzen, qui voyageait au commencement du siècle, rapporte que le sel, très blanc, sans amertume, présente l'aspect de glaçons brisés, assez volumineux pour qu'un seul morceau fasse la charge d'un mulet.

A 3^h30^m une légère brise étant tombée, la chaleur devint oppressive. La température de l'air était de 36°,1; la température de l'eau, prise à 1 pied anglais au-dessous de la surface de la mer, 32°,2.

A 3^h50^m, comme le lieutenant Lynch l'avait prévu, un violent ouragan souffla du sud-est et le thermomètre monta immédiatement à 38°,9. Les matelots fermaient les yeux pour les préserver de l'action d'un vent brûlant, ramant de toutes leurs forces pour éviter les vagues; à 4^h30^m, entièrement épuisé, mais encore plein de courage, l'équipage put débarquer sur le côté sud de la péninsule, près du Wady-Humeir, l'endroit le plus triste où l'on ait jamais campé. Les armes, les boutons des uniformes étaient si chauds, qu'on ne pouvait pas les toucher, et les plis intérieurs des vêtements avaient une température inférieure à celle de la partie extérieure exposée au contact de l'air. On bivouaqua dans un marais desséché. A 8^h du soir, le thermomètre, placé à 5 pieds au-dessus du sol, indiquait 41°,1; à 1 pied, 40° seulement. A minuit, 36°,7.

Le 27 avril, à 4^h du matin, par une légère brise du nord, la température s'abaissa à 27°,8; on éprouvait alors la sensation du froid. A 8^h45^m, le ciel étant sans nuages et le vent venant de l'ouest, le thermomètre marqua 35° dans l'air et 29°,4 dans l'eau du lac. A 3^h, les navigateurs aperçurent au nord-ouest une singulière houle ou plutôt une ondulation, car les vagues étaient transparentes, avec une surface lisse, et cependant il n'y avait pas alors assez d'air « pour agiter les boucles de la chevelure d'un enfant endormi ». Le lieutenant Lynch fit aussitôt gouverner

vers la terre, où l'on avait à peine débarqué, qu'on fut assailli par un coup de vent brûlant, un autre siroco; la mer devint furieuse, pour se calmer bientôt après. A 8^h du soir, le thermomètre marquait $28^o,9$; à minuit, $27^o,8$.

Le 28 avril, on observa le phénomène du mirage.

A midi, la température de l'air étant $30^o,6$, celle de l'eau fut trouvée $27^o,8$; malgré un vent fort, la tendance au sommeil était presque irrésistible; les matelots ramaient mécaniquement, avec les paupières à demi-fermées; tous dormaient, excepté le lieutenant et les rameurs; ce besoin de dormir allant jusqu'à une sorte de stupeur était surtout prononcé pendant la plus forte chaleur du jour, mais il persistait encore durant la nuit.

A $1^h 30^m$, l'expédition campa non loin d'Ain-Jidi-Engaddi, près d'une source, pour prendre du repos et se rafraîchir jusqu'au coucher du soleil. On essaya si un cheval et une mule pourraient se soutenir dans le lac, sans *chavirer*. L'expérience prouva que ces animaux y conservent leur équilibre. Un homme vigoureux surnagea, plongé jusqu'à la poitrine, sans faire le moindre effort pour se maintenir sur l'eau. On ramassa sur la plage un gros morceau de bitume, et pendant la nuit, le vent venant de l'ouest, on sentit une odeur nauséabonde de soufre et de marais.

Le 29 avril, on visita la fontaine de Jidy. Le 30 avril, près de la tente, température à 6^h du matin, $28^o,9$. La mer avait la couleur de l'absinthe diluée, l'eau était opaline; la sonde rapporta de l'argile et des cristaux de sel marin.

Jusque-là l'expédition avait joui d'une bonne santé, mais déjà presque tous les hommes présentaient des symptômes d'hydropisie : le visage était bouffi, le teint fortement coloré et même couperosé; chez quelques-uns le corps était couvert de pustules qu'irritait douloureusement le contact de l'eau salée.

Pendant la nuit le thermomètre baissa à $21^o,1$.

Le 1er mai, dans la matinée, la température s'est maintenue entre 30° et 32°,2. On remarqua que l'un des canots, la *Fanny-Skinner*, construit en cuivre, prenait, par l'action du frottement sur l'eau du lac, le brillant de l'or bruni ; mais aussitôt que le métal se trouvait exposé à l'air, il était immédiatement corrodé.

Au coucher du Soleil, la température n'était plus qu'à 27°,8. Quoique le vent fût trop fort pour prendre une observation de l'étoile polaire, la nuit était étouffante, le thermomètre indiquait 27°,2, et, circonstance remarquable, si l'on considère que l'air était très agité, il y eut une rosée assez abondante pour traverser l'étoffe de la tente. Le lieutenant Lynch fait remarquer que c'était la seconde fois qu'on avait eu de la rosée durant l'expédition, et dans les deux cas le phénomène se manifesta pendant un vent chaud soufflant du nord.

Le 2 mai, une partie de l'expédition suivit la route tracée à la base de la péninsule ; on vit des cultures de millet arrosées par les eaux de la rivière (Wady) Beni-Hamad. Le terrain consistait en dépôts tertiaires, de grès friable, de calcaire coquillier et de marnes argileuses.

Le 3 mai, près de Wady-Môjed, la rivière Arnon de l'Ancien Testament, on reconnut que la côte est formée de roches escarpées de grès rouge (*reed sandstein*). La présence d'un dattier et des roseaux annonçait qu'il y avait eu de l'eau douce dans un ravin alors desséché que l'expédition traversa. A 5h du soir, on s'arrêta à l'embouchure de l'Arnon : la rivière avait alors 18 pieds anglais de large et 4 pieds de profondeur ; à minuit, par un vent nord-ouest, la température de l'air fut trouvée de 25°,6.

Le 4 mai, le lieutenant Dale sonda depuis l'Arnon jusqu'à Ain-Turâbeh, sur la côte opposée (ouest). Dans l'endroit le plus profond, à peu près au milieu du lac, on trouva une profondeur de 194 fathoms (1m,829), avec un fond d'argile et de cristaux de sel.

A $8^h 40^m$, le lieutenant Lynch, resté sur la côte occidentale, rencontra un ruisseau coulant le long d'une éminence où il y avait un groupe de vingt et un dattiers, présentant un agréable contraste avec la monotonie des montagnes arides et brûlantes de la mer Morte. A midi, on arriva à la source chaude et légèrement sulfureuse de Callirohoe, formant un ruisseau de 12 pieds de large et de 10 pouces de profondeur. La température à l'air était de 25°, celle de la mer de 25°,6. Dans le ruisseau d'eau chaude le thermomètre monta à 35°. Il y avait là des tamarins et des roseaux. On eut froid pendant la nuit, la température étant tombée à 20°.

Le 5 mai, le lieutenant Lynch se rendit à Ain-Tubâreh; pendant la traversée il fit quelques observations avec le thermomètre à indicateur, qui démontrèrent la présence d'une couche d'eau froide entre la surface et le fond du lac. En effet, la température à la surface était 24°,4; à 18^m, 15°; à 318^m, 16°,7. La matinée était très chaude, pas un souffle d'air, et la nappe d'eau ressemblait à de l'huile.

Le 6 mai, à 9^h du matin, à l'ombre, le thermomètre marquait 37°,8; la mer était recouverte d'un léger brouillard; on fit descendre le thermomètre enregistreur à diverses profondeurs, et l'on retrouva constamment la couche d'eau froide à 18^m.

Le 7 mai, à 8^h du matin, température 41°,1. Les nuages étaient immobiles, la mer calme. A 6^h du soir, siroco extrêmement chaud, venant du nord-ouest.

Le 8 mai, à midi, température 43°,3, le thermomètre étant à l'ombre. Un épais brouillard dérobait la vue des côtes.

Le 9 mai on trouva 1,13 pour la densité de la mer Morte, laquelle, ainsi qu'on l'a constaté depuis à l'aide du microscope, ne renferme pas d'animalcules (1).

(1) Un savant étranger qui assistait à la séance de l'Académie dans la-

Les nombreux lits de torrents desséchés reconnus pendant l'expédition portent à conclure que la mer Morte reçoit à certaines époques de l'année une quantité d'eau douce considérable. Les rivières qui ne tarissent pas éprouvent aussi de très grandes crues. Ainsi, les Arabes disaient à M. de Berton que le Jourdain, qu'il voyait au mois d'avril réduit à une largeur de 8^m à 13^m, devient *une mer* lors de la saison pluvieuse; et le lieutenant Lynch a observé, à peu de distance du Wady-Mukaddam, sur un escarpement placé sur la côte, une marque indiquant que le niveau du lac avait dû monter de 7 pieds anglais au-dessus du point où il se trouvait le 22 avril. Si l'on considère combien la mer peut s'étendre vers le nord en regorgeant dans la vallée basse du Jourdain et vers le sud, en inondant la plaine salée dont l'ouverture est comprise entre l'emplacement de l'ancienne Sodome et le Wady-Safieh, on voit quelle énorme quantité d'eau elle doit recevoir pour hausser de 2^m.

D'après le Dr Robinson, l'arête de partage des eaux entre la mer Morte et la Méditerranée serait située près de Hébron, à environ 16 milles des bords du lac.

Les nombreux sondages exécutés pendant l'expédition américaine ont établi que le fond de la mer Morte est formé de deux plaines, séparées par le détroit de la péninsule; la plaine du nord, la plus étendue, est en moyenne à 113 pieds anglais au-dessous de la surface de l'eau; la plaine du sud, terminée à la base de l'Usdum, à 13 pieds seulement. La plus grande profondeur du lac est de 195 fathoms dans la partie au nord du détroit, et $2\frac{1}{4}$ fathoms dans la partie située au sud.

L'exploration de la mer Morte terminée, le lieutenant Lynch se rendit à Beyrout en passant par Jérusalem, Jaffa,

---

quelle j'ai lu ce Mémoire, m'a dit qu'il croyait que M. Ehrenberg avait constaté la présence d'animalcules dans l'eau de la mer Morte.

Nazareth et Damas, après avoir fait une reconnaissance des sources du Jourdain. Comme les voyageurs qui l'avaient précédée, l'expédition américaine paya son tribut à l'insalubrité du climat. Un de ses officiers les plus actifs, le lieutenant Deale, succomba, près de toucher au port, à une maladie dont le germe avait été contracté dans cette mémorable campagne.

J'ajouterai que, d'après les roches décrites ou rapportées, le terrain de la mer Morte appartient probablement au calcaire néocomien, c'est-à-dire aux assises inférieures de la formation crétacée. Le calcaire bitumineux, les conglomérats, paraissent être les roches les plus communes de cette contrée, où l'on a aussi signalé des produits volcaniques.

On possède plusieurs analyses de l'eau de la mer Morte; la plus ancienne est probablement celle de Lavoisier, Macquer et Sage, chargés d'examiner de l'eau que M. le chevalier Tolès avait envoyée à Guettard [1].

Ces Académiciens trouvèrent dans l'eau soumise à leurs recherches, dont la densité était de 1,250 :

		Dans 100 livres.
Sel marin à base de magnésie....	21,786	22,0
» à base de chaux......	16,339	16,5
» ordinaire...........	6,250	6,5
	44,375	45,0
Eau.............	55,625	
	100,000	

L'eau avait été conservée dans des bouteilles bien bouchées, au fond desquelles on remarquait des cristaux de sel marin. Cette eau n'émettait aucune odeur.

En 1807, M. Marcet publia dans les *Philosophical*

---

[1] *Mémoires de l'Académie des Sciences*, année 1778.

Transactions une analyse de l'eau de la mer Morte ([1]). Il donne 1,211 pour la densité de l'eau analysée. Les résultats ont été pour 100 d'eau :

Chlorure de magnésium	10,246
» de sodium	10,360
» de calcium	3,920
Sulfate de chaux	0,054
	24,580
Eau	75,420
	100,000

En 1809, Klaproth trouva, dans l'eau de la mer Morte,

Chlorure de magnésium	24,20
» de sodium	7,80
» de calcium	10,60
	42,60
Eau	57,40
	100,00

L'eau analysée par Klaproth avait une densité de 1,245, supérieure, comme l'on voit, à la pesanteur spécifique déterminée par Marcet. Cette eau était d'ailleurs tellement chargée de sel, qu'il s'était déposé un cristal de chlorure de sodium au fond de la bouteille qui la contenait.

Gay-Lussac a analysé de l'eau que M. le comte Forbin avait prise en octobre 1817, pendant son voyage dans le Levant. Cette eau était contenue dans un vase en fer-blanc parfaitement bouché; elle n'avait aucune odeur : légèrement trouble lorsqu'on la retira du vase, elle devint bientôt très limpide. A la température de 17°C., sa densité était de 1,2283. Exposée à un froid de 7° au-dessous de

([1]) Cette eau avait été rapportée par M. Gordon de Clunio; Marcet n'en eut à sa disposition qu'une très petite quantité.

zéro, il ne s'en déposa aucun sel, ce qui prouve qu'elle n'était pas saturée; mais le sel marin commença à se précipiter à la température de 15°, lorsque l'eau eut perdu par l'évaporation environ les $\frac{5}{100}$ de son poids [1].

Dans 100 parties d'eau Gay-Lussac a trouvé :

Chlorure de magnésium	15,31
» de sodium	6,95
» de calcium	3,98
» de potassium	traces
Sulfate de chaux	traces
	26,24
Eau	73,76
	100,00

C.-G. Gmelin, frappé de la grande différence que présentaient les résultats obtenus par Marcet et par Gay-Lussac, crut devoir entreprendre une nouvelle analyse. L'eau avait été apportée dans une bouteille de verre bien fermée, par M. Jacob Leutzen, qui l'avait puisée au printemps de 1822, à son retour du Caire. Elle était limpide, sans odeur, sa densité, déterminée à la température de 16°,3, 1,21223. Gmelin trouva dans cette eau le brome que M. Balard venait de découvrir. Il conclut en outre d'expériences exécutées avec un grand soin, que l'eau de la mer Morte ne renfermait pas de nitrates.

De 100 parties d'eau, on retira, par une évaporation à siccité et la calcination au rouge, un résidu pesant 23,53. Ce résidu ne présentait pas exactement le poids des sels en dissolution, parce que, vers la fin de l'opération, il s'était dégagé des vapeurs acides dues à la décomposition du chlorure de magnésium.

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, t. XI, p. 195.

Gmelin donne, pour la composition de l'eau,

Chlorure de magnésium	11,7734
» de sodium	7,0777
» de calcium	3,2141
» de potassium	1,6738
» de manganèse	0,2117
» d'aluminium	0,0896
Sulfate de chaux	0,0527
Chlorhydrate d'ammoniaque	0,0075
Bromure de magnésium	0,4393
Iodures	0,0000
Nitrates	0,0000
	24,5398
Eau	75,4602
	100,0000

L'eau rapportée par M. W.-F. Lynch, lieutenant de la marine des États-Unis, commandant de la belle expédition faite dans la mer Morte, a été analysée par MM. James, C. Booth et A. Muckle ([1]).

A la température de 15°,7, sa densité était 1,2274.

100 parties d'eau évaporées ont laissé un résidu pesant 26,7000.

Elles ont donné :

Chlorure de magnésium	14,5897
» de sodium	7,8554
» de calcium	3,1075
» de potassium	0,6586
Bromure de potassium	0,1374
Sulfate de chaux	0,0701
	26,4187
Eau	73,5813
	100,0000

([1]) *Narrative of the expedition to the river Jordan and the Dead sea.*

MM. Boutron-Charlard et O. Henry ont analysé l'eau prise à deux heures de marche du Jourdain, sur la rive occidentale, le 2 avril 1850, par M. Alphonse Dunoyer, élève consul, gérant le consulat de Jérusalem ([1]).

Cette eau avait été rapportée dans une bouteille en fer-blanc, bien pleine, et dont le goulot était fermé par une soudure à l'étain. A sa sortie du vase, l'eau était claire et sans odeur; en la chauffant elle se troublait par un léger nuage ocracé. Sa pesanteur spécifique fut trouvée de 1,0992.

100 parties d'eau ont laissé un résidu pesant sec 14,933.

L'analyse a fourni les nombres suivants :

Chlorure de magnésium	1,696
» de sodium	11,003
» de calcium	0,680
» de potassium	0,166
Carbonates terreux	0,953
Sulfates de soude, de magnésie, de chaux.	0,233
Silice et matières organiques	0,200
Bromure, nitrates, oxyde de fer	traces
	14,931
Eau	85,069
	100,000

MM. Boutron-Charlard et O. Henry ne mentionnent pas dans leur Mémoire le procédé qui leur a permis d'admettre des nitrates dans l'eau soumise à leur examen, nitrates dont ils ont d'ailleurs constaté la présence dans l'eau du Jourdain.

M. F. Moldenhauser a publié une analyse de l'eau puisée en juin 1854 et dont la densité était 1,1160 ([2]).

([1]) *Journal de Pharmacie et de Chimie*, mars 1852.
([2]) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, mai 1856.

100 parties d'eau ont laissé un résidu pesant 13,879.
Cette eau renfermait :

			Chlore.
Chlorure de magnésium......	6,8121	contenant	5,1618
» de sodium.........	2,9575	»	1,7948
» de calcium........	1,4719	»	0,9415
» de potassium......	2,3910	»	1,1613
Bromure de magnésium......	0,1838	»	»
Sulfate de potasse..........	0,0627	»	»
	13,8790		9,0594
Chlore dosé directement.......		8,8718	

Le motif qui avait porté Gmelin à entreprendre l'examen de l'eau de la mer Morte subsistait donc toujours, car non seulement l'analyse du célèbre chimiste de Heidelberg ne s'est pas accordée avec celles de Marcet et de Gay-Lussac, mais on voit, par ce qui précède, qu'elle ne s'accorde pas davantage avec les analyses les plus récentes.

Depuis que la présence de l'acide nitrique dans l'eau des rivières a été démontrée, il me parut très extraordinaire que l'eau de la mer et particulièrement celle de la mer Morte, à cause de la constitution géologique de son bassin, ne contînt pas de nitrates, ainsi que l'avait reconnu Gmelin ; et, sans élever le moindre doute sur la netteté des résultats annoncés par cet analyste éminent, je désirais vivement vérifier un fait qui, aujourd'hui, a évidemment plus d'importance qu'il n'en avait en 1826. Une circonstance ayant mis en ma possession de l'eau de la mer Morte, j'ai pu rechercher les nitrates.

L'eau examinée m'a été remise à la fin de l'année 1855, par un jeune Américain de Panama, M. Domingo Arosamena ; il l'avait prise au printemps ; elle était dans une bouteille bouchée avec du liège, sans aucune odeur, d'une limpidité parfaite quand on eut laissé déposer une très petite

quantité d'une substance ayant l'aspect et la couleur de l'argile.

Densité, à la température de 14°,8, 1,194.

	Analyse de Boussingault.	Analyse de Gmelin.
Chlorure de magnésium...	10,7288	11,7734
» sodium......	6,4964	7,0777
» calcium......	3,5592	3,2141
» potassium....	1,6110	1,6738
Bromure de magnésium...	0,3306	0,4393
Sulfate de chaux........	0,0424	0,0527
Sel ammoniac...........	0,0013	0,0075
Chlorure de manganèse...	0,0000	0,2117
Chlorure d'aluminium....	traces	0,0896
Nitrates................	»	»
Iodures................	»	»
	22,7697	24,5398
Eau................	77,2303	75,4602
	100,0000	100,0000
Densité de l'eau 1,194............		1,212.

En 1857, M. l'abbé mitré Mislin, camérier du pape, m'a remis un échantillon d'eau.

L'analyse a donné :

Chlorure de magnésium........	10,517
» sodium....	7,065
» calcium...	2,343
» potassium.........	0,536
Bromure de magnésium........	0,346
Sulfate de chaux..............	0,123
Sesquioxyde de fer...........	0,020
Matières fixes.............	20,950
Eau....................	79,050
	100,000

Les nombres déduits de mon analyse se rapprochent assez de ceux trouvés par Gmelin ; la proportion de sels un peu plus forte, indiquée par ce chimiste, coïncide d'ailleurs avec la densité. Il est à remarquer que l'eau que j'ai analysée a été prise dans la mer Morte trente-trois ans après celle qui a fait le sujet du travail de Gmelin ; elles ont cependant été puisées dans la même saison, au printemps ; quant aux autres analyses, en éliminant même celles exécutées à une époque où la Science n'avait pas encore prescrit les formules à suivre dans ce genre de recherches, leurs résultats s'écartent très notablement de ceux que je viens de mentionner, et elles ne s'accordent pas mieux entre elles : toutefois, les différences sont d'un ordre qui ne permet pas d'admettre qu'elles proviennent toujours d'erreurs de manipulations. Ce n'est pas seulement par la quantité de sel tenue en dissolution que ces eaux diffèrent, ce qui s'expliquerait par leurs divers poids spécifiques, mais le rapport des sels entre eux est loin de rester le même, comme il est facile de s'en convaincre en comparant la composition des substances salines.

Dans 100 de sels de l'eau de la mer Morte :

	Marcet.	Gay-Lussac.	Booth et Muckle.	Boutron et Henry.	Moldenhauer.	Gmelin	Boussingault.
Chlorure de magnésium.......	41,68	58,35	55,22	11,36	49,08	47,98	46,95
Chlorure de sodium..........	42,15	26,49	29,73	73,69	21,31	28,84	28,51
Chlorure de potassium........	//	//	2,49	1,11	17,22	6,82	7,07
Chlorure de calcium..........	15,95	15,16	11,76	4,55	10,50	13,10	15,62
Bromure de magnésium.......	//	//	//	//	1,32	1,79	1,62
Bromure de potassium........	//	//	0,53	//	//	//	//
Sulfate de chaux.............	0,22	//	0,27	//	//	0,21	0,19
Matières diverses.............	//	//	//	9,29	0,57	1,26	0,04
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Ce qui caractérise l'eau de la mer Morte, c'est une notable proportion de substances salines et la présence du brome en forte dose, puisque dans 1^{mc} de cette eau il y a 3^{kg} à 4^{kg} de bromure de magnésium. Si un jour le brome trouvait une large application à l'industrie, la mer Morte est la source où il faudrait l'aller chercher.

Pline rapporte que de riches habitants de Rome, qu'il taxe d'ailleurs d'extravagance, faisaient rapporter de l'eau du lac Asphaltite pour s'y baigner, lui attribuant certaines vertus médicinales; à cette occasion, Galien remarque qu'ils auraient pu s'épargner cet embarras en faisant dissoudre du sel marin dans de l'eau douce; à quoi Reyland répond, avec raison, que Galien ignorait que l'eau du lac renfermait autre chose que du sel en dissolution.

Il paraît, en effet, hors de doute que, en raison des bromures qui s'y trouvent, cette eau doit être douée de propriétés thérapeutiques très prononcées.

La forte proportion de sels trouvée en 1778 par les académiciens français, en 1809 par Klaproth, provient peut-être de ce que les chlorures dosés n'avaient pas été convenablement desséchés. Toutefois il y a ceci de remarquable, que ces matières salines correspondent à une densité supérieure à celles qu'on a observées depuis. Les eaux analysées à ces deux époques étaient d'ailleurs plus près du point de saturation, puisque, après avoir été transportées en Europe dans des vases parfaitement fermés, elles ont laissé déposer des cristaux de chlorure de sodium.

On ne saurait, ce me semble, attribuer entièrement à des erreurs les très grandes variations que l'on remarque dans la composition de l'eau de la mer Morte, telle qu'elle est établie par divers chimistes. Des erreurs de cet ordre ne sont pas admissibles, même en tenant compte des progrès faits par l'analyse dans les cinquante dernières années; ces différences de composition dépendent évidemment de

la variation que subit la constitution de l'eau salée, par suite des circonstances météorologiques, par le plus ou moins d'abondance des eaux douces affluentes, ou par l'effet d'une évaporation plus ou moins prolongée dont la conséquence, comme l'a reconnu le lieutenant Lynch, est une baisse du niveau du lac Asphaltite de plus de 2^{m} au-dessous du point qu'il atteint dans la saison pluvieuse; la diminution des eaux est telle dans certaines circonstances, que, comme l'affirment les Arabes, un cavalier se rend quelquefois, de la côte occidentale à la côte orientale, en traversant à gué la partie du lac placée au sud de la péninsule, là où les sondages de l'expédition américaine indiquaient, en avril 1847, une profondeur d'environ un fathom.

L'analyse établit donc que l'eau de la mer Morte n'a pas la même composition à toutes les époques de l'année, et que les substances salines qu'elle tient en dissolution varient non seulement sous le rapport de la quantité, mais encore dans leur nature. Elle rend même assez vraisemblable que la masse liquide du lac Asphaltite ne possède pas une constitution homogène.

Par une série d'expériences des plus intéressantes, MM. Malaguti, Durocher et Sarzeaud ont prouvé que l'eau de l'Océan renferme du chlorure d'argent; 100^{kg} d'eau de mer puisée à quelques lieues de la côte de Saint-Malo ont donné $0^{gr},001$. Un savant du plus grand mérite, M. Forchammer, de Copenhague, a confirmé le fait en ce qui concerne l'eau de la Baltique. Comme la mer Morte est plus chargée de sels que l'Océan, il y avait lieu de supposer qu'elle contiendrait une plus forte proportion de chlorure d'argent; j'ai prié mon savant collègue au Conservatoire des Arts et Métiers, M. Edmond Becquerel, d'y rechercher l'argent au moyen de procédés électrochimiques, et, quoiqu'il n'ait pas été possible d'obtenir la moindre apparence de dépôt métallique sur l'électrode

d'or, la question n'est pas résolue, par la raison que, faute de matière, l'expérience n'a pu être tentée que sur quelques centimètres de liquide. C'est un sujet de recherches que je recommande aux personnes qui pourront opérer sur une plus grande quantité d'eau de la mer Morte.

FIN DU TOME SEPTIÈME.

TABLE DES MATIÈRES.

6899 Paris. — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.



LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS,

55, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

ANGOT (A.), Docteur ès Sciences, Agrégé de l'Université, Météorologiste titulaire au Bureau central météorologique. — **Instructions météorologiques.** 3e édition, entièrement refondue. Grand in-8, avec figures et Tables; 1891.. 3 fr. 50 c.

BOUSSINGAULT, Membre de l'Institut. — **Agronomie, Chimie agricole et Physiologie.** 8 volumes in-8, avec planches sur cuivre et figures dans le texte; 1886-1886-1864-1868-1874-1878-1884-1890...... 45 fr.

Les Tomes I et II (3e édition) et les Tomes III à VII (2e édition) se vendent séparément.. 6 fr.

Le Tome VIII, précédé d'une *Étude sur l'œuvre agricole de Boussingault*, par M. P.-P. Dehérain, Membre de l'Institut, termine la collection; il se vend séparément.. 3 fr.

BOUSSINGAULT, Membre de l'Institut. — **Études sur la transformation du fer en acier par la cémentation**, précédées de la description des procédés adoptés pour doser le fer, le manganèse, le carbone, le silicium, le soufre et le phosphore; de recherches sur le maximum de carburation du fer. In-8; 1875.. 4 fr.

GIRARD (Aimé), Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers et à l'Institut agronomique, Membre de la Société nationale d'Agriculture. — **Recherches sur la culture de la pomme de terre industrielle et fourragère.** 2e édition, revue et augmentée. Un volume grand in-8, avec figures dans le texte et Atlas cartonné de 6 belles planches en héliogravure; 1891.. 8 fr.

On vend séparément :

Texte............ 3 fr. 75 c. | Atlas............ 5 fr.

GIRARD (Aimé). — **Recherches sur le développement de la betterave à sucre.** Grand in-8, avec 10 belles pl. en héliogravure; 1887.... 6 fr.

LECOQ DE BOISBAUDRAN. — **Spectres lumineux**; *spectres prismatiques et en longueurs d'ondes*, destinées aux recherches de Chimie minérales. Un vol. de texte grand in-8 et un Atlas, même format, de 29 belles planches gravées sur acier, contenant 56 spectres; 1874............ 20 fr.

MIQUEL (le Dr). — **Les Organismes vivants de l'atmosphère.** Étude sur les semences aériennes des moisissures et des bactéries, sur les procédés usités pour récolter, compter et cultiver ces deux classes de microbes et sur l'application de ces recherches à l'hygiène générale des villes et des asiles hospitaliers. Un beau volume grand in-8, avec 86 figures dans le texte et 2 planches en taille-douce; 1883............ 9 fr. 50 c.

Quelques exemplaires pour bibliophiles ont été tirés sur papier vélin, *format in-4*.. 20 fr.

MIQUEL (Dr P.), Docteur ès sciences et en médecine, Chef du Service micrographique à l'Observatoire municipal de Montsouris. — **Manuel pratique d'analyse bactériologique des eaux.** In-18 jésus, avec figures dans le texte; 1891.. 2 fr. 75 c.

17432 Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS ET FILS, quai des Grands-Augustins, 55.